

Trabajo de Fin de Grado

Grau d'Enginyeria en Technologies Industrials

RCPSP: Secuencia de actividades para la organización de un evento deportivo

MEMÒRIA

Autor: Adrià Gras Herrero
Director: Joaquin Bautista Valhondo
Convocatoria: Enero 2017



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resumen

El objetivo de este trabajo es resolver dos casos particulares relativos a la programación de actividades deportivas que, aparentemente, se resuelven mediante la experiencia y utilizar, para su resolución, algunas herramientas gráficas y matemáticas que ofrece la disciplina de la Investigación Operativa.

Se hace una investigación sobre las bases de esta disciplina, se analizan sus fundamentos, sus autores, y se hace especial hincapié en un caso particular: el RCPSP, que son las siglas del Resource-Constrained Scheduling Problem, que traducido, es la resolución de un problema de programación con limitación de recursos.

El proyecto estudia la programación de dos torneos de fútbol en los que tenemos diferencias en el número de participantes y en el número de recursos disponibles. Se hace un estudio, considerando esta limitación de recursos, para secuenciar los partidos en el tiempo y poder finalizar con éxito ambos torneos.

Se resuelve mediante la aplicación de herramientas gráficas, concretamente grafos, diagramas de carga y de Gantt hasta llegar a una solución que podría ser óptima.

Sumario

RESUMEN	1
SUMARIO	2
PREFACIO	6
ORIGEN DEL PROYECTO.....	6
MOTIVACIÓN	7
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1 EL PROYECTO.....	9
1.2 Los Objetivos del Proyecto.....	10
2. EVENTOS DEPORTIVOS	11
2.1. Autores	12
Albert Corominas Subias	12
Milena M. Parent	12
3. RCPSP	13
3.1 Métodos de resolución	14
3.1.1 Diagrama de GANTT	14
3.1.2 Método del Camino Crítico (CPM) <i>Critical Path Metod</i>	14
3.1.3 Método PERT	15
3.1.4 Gráficos de carga	16
3.1.5 Gráficos ROY	16
3.2 Investigación Operativa (IO)	16
3.3. Autores	18
Rainer Kolisch	18
Sönke Hartmann	19

4.	EL PROBLEMA: DESCRIPCIÓN	21
5.	EL PROBLEMA: FORMULACIÓN	22
6.	EL PROBLEMA: RESOLUCIÓN	25
7.	COSTES	49
8.	CONCLUSIONES	51
	AGRADECIMIENTOS	52
	BIBLIOGRAFÍA	53
	ANNEXOS	55

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

<i>Figura 1. Grafo ROY del torneo compuesto por 24 equipos.</i>	28
<i>Figura 2. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo con limitación de recursos.....</i>	29
<i>Figura 3. Curva de carga del recurso campo en función de los minutos transcurridos desde el inicio.....</i>	30
<i>Figura 4. Curva de carga del recurso vestuario en función de los minutos transcurridos desde el inicio.....</i>	30
<i>Figura 5. Curva de carga del recurso autocar en función de los minutos transcurridos desde el inicio.....</i>	30
<i>Figura 6. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo con limitación de recursos.....</i>	32
<i>Figura 7. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo con limitación de recursos.....</i>	32
<i>Figura 8. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo con limitación de recursos.....</i>	33
<i>Figura 9. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo con limitación de recursos.....</i>	33
<i>Figura 10. Curvas de carga comparando la situación sin limitación de recursos con la limitada</i>	33
<i>Figura 11. Curvas de carga comparando la situación sin limitación de recursos con la limitada</i>	34
<i>Figura 12. Curvas de carga comparando la situación sin limitación de recursos con la limitada</i>	34
<i>Figura 13. Curva de carga del comedor durante todo el torneo.</i>	34
<i>Figura 14. Grafo ROY del torneo compuesto por 48 equipos</i>	39
<i>Figura 15. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo sin limitación de recursos.....</i>	40
<i>Figura 16. Curva de carga del recurso campo en función de los minutos transcurridos desde el inicio.....</i>	41
<i>Figura 17. Curva de carga del recurso vestuario en función de los minutos transcurridos desde el inicio.....</i>	41
<i>Figura 18. Curva de carga del recurso autocar en función de los minutos transcurridos desde el inicio.....</i>	42

<i>Figura 19. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo con limitación de recursos</i>	<i>43</i>
<i>Figura 20. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo con limitación de recursos.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 21. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo con limitación de recursos.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 22. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo con limitación de recursos.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 23. Curvas de carga comparando la situación sin limitación de recursos con la limitada</i>	<i>46</i>
<i>Figura 24. Curvas de carga comparando la situación sin limitación de recursos con la limitada</i>	<i>46</i>
<i>Figura 25. Curvas de carga comparando la situación sin limitación de recursos con la limitada</i>	<i>47</i>
<i>Figura 26. Curva de carga del comedor durante todo el torneo.....</i>	<i>47</i>

PREFACIO

El presente proyecto tiene como objetivo definir una metodología a seguir para programar, en este caso, un gran evento deportivo, cuando para su organización se cuenta con una cantidad limitada de recursos, utilizando algunos procedimientos de resolución para el **Resource-Constrained Project Scheduling Problem (RCPSP)**, **Problema de programación de proyectos con limitación de recursos**, y comparando los resultados que se obtienen con su aplicación a un caso de estudio, con otras técnicas intuitivas que se utilizan para la programación de cualquier proyecto de estas características.

ORIGEN DEL PROYECTO

La Industria, ha dejado de ser el tradicional Sector Secundario: aquél que quedaba descrito como el conjunto de actividades económicas destinadas a la transformación de las primeras materias o productos naturales, utilizando procesos mecánicos y químicos con el fin de obtener productos manufacturados.

El término Industria no sólo hace referencia a la manufactura, también es industria la escritura de un libro y la distribución de electricidad, por ejemplo.¹

En 1968, la **División de Estadística del departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la Secretaría de las Naciones Unidas** establecía la denominada “**Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades de Producción Económica**” cuya cuarta revisión corresponde al 11 de agosto del 2008 (CIIU Rev.4: ISIC Rev.4)².

En la Estructura General de la CIIU, publicada en el 2009, se configura una agregación de actividades en 21 Secciones que, a su vez, se ramifican en divisiones numeradas. Cada sección de la CIIU está formada por un conjunto de actividades de producción económica, entre las que se encuentran, por secciones: la agricultura, la ganadería, la silvicultura y pesca (sección A); la explotación de minas y canteras (sección B); las industrias manufactureras (sección C); el suministro de gas y de electricidad (sección D); suministro de agua, evacuación de residuos y la gestión de desechos (sección E); la construcción (sección F); el transporte y almacenamiento (sección H); las actividades financieras y de seguros (sección K); la administración pública y defensa (sección O); la enseñanza (sección P); la atención a la salud humana (sección Q); y también las actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas (sección R), categoría esta última en la que se incluye el objeto de este estudio, **la organización de un evento deportivo**.

¹ Joaquín Bautista y Javier Llovera (2014). “ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN: UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA.” Discurso de ingreso en la Real Academia de Doctores,

² Naciones Unidas: Asuntos Económicos y Sociales. División de Estadística (2009) Clasificación Industrial Internacional Uniforme de Actividades Económicas (CIIU).

MOTIVACIÓN

El proyecto que se presenta trata de la organización de un torneo de fútbol, proyecto que aparentemente no es nada industrial, sino más bien, relacionada con la organización y gestión de eventos deportivos, perteneciente al ámbito más empresarial, ya que las finalidades de un evento deportivo son económicas y publicitar una marca.

El motivo por el que he planteado este proyecto es porque al darme cuenta que un evento deportivo puede ser realizado por ingenieros, dentro del ámbito de la organización se puede entender un evento deportivo como una secuencia de operaciones relacionadas entre ellas y con el fin de obtener un producto o servicio, decidí ver cómo se puede resolver un caso que se resuelve mediante la experiencia que posee el grupo de personas que organizan dichos eventos, utilizando una metodología que pueda llegar a ofrecer una solución mejor que la que obtienen las personas al programar eventos deportivos.

Soy deportista y siempre he estado relacionado con el mundo del fútbol, así que he querido ver cómo puedo organizar un torneo de fútbol mediante las herramientas gráficas y matemáticas que ofrece el ámbito de la ingeniería, en vez de con la experiencia adquirida con años de práctica.

Además, otro de los objetivos del trabajo es encontrar una metodología general que permita programar de manera rápida y sencilla cualquier tipo de evento deportivos de las mismas características.

Además, de la posibilidad de estudiar otros campos de la ingeniería más enfocados al mundo real.

1. INTRODUCCIÓN

En todas las organizaciones hay actividades de producción de bienes y servicios, no solo en las empresas industriales, también en las empresas de servicios como hospitales, restaurantes, consultoras, etc.

Dado el interés social, económico y mediático del deporte, son numerosos los acontecimientos deportivos, de mayor o menor envergadura, que se celebran a nivel nacional, y más allá de nuestras fronteras, e Independientemente del alcance y complejidad de los mismos, su organización exige conocer el deporte protagonista del evento, y tener capacidad de gestión y rigor para su puesta en práctica. Organizar y celebrar un campeonato de fútbol de barrio mediante un sistema por puntos cada año, preparar una carrera popular de unas pocas horas de duración requieren, igual que la organización de unos Juegos Olímpicos, cantidades considerables de recursos humanos, materiales y económicos que hay que gestionar y coordinar.

Programar un evento deportivo es una tarea que requiere un gran trabajo previo, especialmente en lo que se refiere a su organización y programación, dejando de lado otros aspectos como la estrategia de marketing, la logística o el apoyo de los proveedores para que todo el material necesario esté en el lugar adecuado en el momento oportuno.

¿Cómo se organizan los eventos deportivos en la actualidad?

Por eventos deportivos no nos referimos únicamente a los Juegos Olímpicos o Paralímpicos, los Mundiales de Fútbol o de Baloncesto o, incluso los torneos *Grand Slam* de tenis, competiciones todas ellas de gran envergadura, en la que participan un alto número de atletas y en los que hay una gran repercusión mediática. También mencionaremos, por ejemplo, la fase de clasificación para el campeonato europeo de natación, el torneo que organiza un pequeño equipo de fútbol de un barrio, un torneo amateur de Pádel o una competición de ajedrez, entre otros muchos.

Todos estos eventos deportivos tienen varias cosas en común:

- Todos requieren de una extensa planificación previa que puede durar años, como la planificación de los Juegos Olímpicos, que se empiezan a preparar 11 años antes de su celebración, o semanas, como la programación de un torneo amateur de Pádel.
- En todos ellos necesitamos un gran número de recursos: espacios donde celebrar el evento; económicos; gestión del número de participantes; material para su realización; voluntarios...
- Estos eventos tienen una duración determinada, la cual siempre es inferior al tiempo destinado a su planificación. Esta duración es el principal problema a la hora de planificar dichos eventos.

1.1 EL PROYECTO

La implementación de un proyecto es algo más que señalar las actividades que deben realizarse y hacer un seguimiento del mismo, pues ésta implica:

- Gestión de los recursos humanos adscritos al proyecto
- Gestión y control de los costes para alcanzar las metas establecidas
- Comprensión del alcance del proyecto en relación con los objetivos del contratante.
- Gestión de la comunicación entre los miembros del equipo del proyecto
- Gestión de la calidad del proyecto con objeto de asegurar la del proyecto o servicio resultante.

Para desarrollar un proyecto hace falta subdividir en subconjuntos el objetivo o producto final. Estos subconjuntos, a su vez, se dividen en partes más detalladas, y así sucesivamente, disminuyendo el grado de complejidad y el valor económico de los mismos, hasta llegar a un nivel manejable para la planificación y el control.

Definición de Proyecto:

- De acuerdo con la **Norma Internacional ISO 10006**, el proyecto se puede definir como aquel proceso único, que consiste en un conjunto de actividades coordinadas y controladas con fechas de inicio y finalización, llevadas a cabo para lograr un objetivo conforme a unos requisitos específicos e incluyendo las limitaciones de tiempo, coste y recursos.
- El **Project Management Institute (PMI)**, referente mundial en metodologías de dirección de proyectos, establece el proyecto como un esfuerzo de carácter temporal llevado a cabo con objeto de crear un producto o servicio único.

Los **proyectos** tienen una serie de **Características:**

- son realizados por especialistas en cada uno de los aspectos de su organización,
- están limitados por diferentes restricciones,
- son planificados, ejecutados, supervisados y controlados, y
- celebrados con el fin de alcanzar los objetivos de la organización o los planes estratégicos planteados por ésta.

La **gestión de proyectos** se define como la ejecución de un conjunto de actividades relacionadas a través de **ligaduras de precedencia, acumulativas o disyuntivas:**

- a) **Ligaduras de precedencia:** Fijan la realización de las actividades en relación al calendario de realización de otra actividad. Estas ligaduras provocan un tiempo mínimo de ejecución del proyecto.
- b) **Ligaduras acumulativas:** Tienen en cuenta los recursos disponibles e imponen un límite al número de actividades que se puedan realizar simultáneamente según éstos. Es decir, suman los recursos que consume cada actividad y prevén que su suma no sea superior a los disponibles.

- c) **Ligaduras disyuntivas:** Aparecen cuando dos actividades no pueden realizarse simultáneamente debido a que consumen algún recurso del cual no se disponen suficientes unidades.

1.2 Los Objetivos del Proyecto

El objetivo de este estudio es aplicar **la metodología de secuenciación de operaciones** aplicada a la organización de un evento deportivo, concretamente un torneo de fútbol de barrio.

Para ello, debemos encontrar un **algoritmo** con el que podamos obtener una secuencia de las operaciones, teniendo en cuenta las limitaciones con que nos encontremos, para lograr conseguir la ideal, o la más cercana a la ideal, con el objetivo de reducir el tiempo de la celebración del evento.

El proyecto se centra en la gestión de un evento en el que nos encontramos con todo tipo de limitaciones, por ligaduras y recursos, y propondrá soluciones concretas para diferentes situaciones, mediante la aplicación de la metodología para la resolución de problemas RCPSP de dos maneras distintas: una primera parte en la que se introduce la parte teórica. Qué nos cuenta la literatura, y una segunda parte en la que se profundiza en el uso de las diferentes herramientas gráficas que nos ayudarán a resolver el caso de estudio

2. EVENTOS DEPORTIVOS

Los eventos deportivos son actividades que se realizan de manera esporádica y que tienen unas repercusiones positivas en el lugar donde se organizan: Turística, de Infraestructuras, Económicas, Sociales, Deportivas, Políticas, etc.

El ámbito de los eventos deportivos es muy extenso y en él encontramos todo tipo de eventos con grandes diferencias entre ellos pero todos con unos objetivos finales comunes: entretener, fomentar el deporte y publicitar una marca.

Para entender los distintos eventos deportivos que existen podemos referirnos a ellos dentro de 3 grandes categorías: Grandes, medianos o pequeños eventos.

Los **Grandes Eventos** son aquellos que convocan un número importante de participantes o asistentes, muchas disciplinas deportivas o una sola de gran envergadura. Requieren de muchos recursos económicos, físicos y humanos, además de un alto número de personal de apoyo. En esta categoría encontramos los Juegos Olímpicos y los mundiales de fútbol y baloncesto.

Podemos clasificar los **Medianos eventos** como aquellos eventos de característica local que convocan un número reducido de participantes o asistentes. Por ejemplo, Juegos departamentales, juegos intercolegiales; también Festivales escolares, Juegos de Integración Ciudadana, etc.

Por último, tenemos los **Pequeños eventos** que son aquellos de carácter barrial o comunitario que convocan un número determinado de personas. Éstos requieren de poca infraestructura, y poco apoyo y recursos. En esta categoría encontramos un Torneo barrial, un ciclo vía barrial o ejercicios comunitarios.

La organización de un evento deportivo puede enfocarse de muchas maneras distintas, por ejemplo, Stephen Robbins (1996) lo define como una unidad social conscientemente coordinada, compuesta por dos o más personas, que funcionan relativamente en forma continua para alcanzar una meta o conjunto de metas comunes; por otro lado, Gómez Encinas (2001) señala la necesidad de dar respuesta a qué y cómo se quiere hacer (planificación), la gestión previa del evento, la ejecución de lo planificado y el conocimiento de los resultados.

Como último ejemplo de la definición sobre la organización de eventos deportivos encontramos a Milena M. Parent, quien más se aproxima al estudio de los eventos deportivos desde la perspectiva que interesa a esta investigación, al abordarlos como proyectos (similares a los grandes proyectos de cine o de construcción) apuntando que la toma de decisiones ante tareas críticas determina la ejecución de tareas posteriores. Este autor los afronta desde el punto de vista estratégico y desde los modelos teóricos de la toma de decisiones. De esta forma M. Parent (2008) describe la evolución de un evento deportivo desde la planificación y el plan de negocio hasta su aplicación en tiempo real y la recapitulación final. Desde qué y cómo hasta quién y cuándo.

2.1. Autores

Albert Corominas Subias

Albert Corominas Subias es Doctor Ingeniero Industrial, licenciado en Informática y Catedrático del departamento de Organización de Empresas y del Instituto de Organización y Control de Sistemas Industriales, en la **Universidad Politécnica de Cataluña**.

Su experiencia profesional y académica se ha centrado en el ámbito de la organización industrial y especialmente en el desarrollo y aplicación de técnicas cuantitativas para los problemas de diseño de sistemas productivos y logísticos. Es autor o coautor de diversos libros y artículos en revistas españolas e internacionales.



Ha participado en diversos proyectos de investigación y concretamente en tres proyectos del Instituto de la Mujer, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, sobre discriminación salarial de la mujer.

Con motivo de la organización de los JJOO de Barcelona en 1992, coordinó el Estudio ***Especificacions del Sistema per a la Programació de les Activitats dels JJOO de 1992***, financiado por la Oficina Olímpica de Barcelona. El Proyecto se inició el 1 de diciembre de 1986 y finalizó el 31 del mismo mes, y contó con la participación de los investigadores Joaquim Bautista Valhondo y Ferran Villabí Ferrer.

Milena M. Parent

La Doctora Milena M. Parent es profesora en la *University of Ottawa* y en la *Norwegian School of Sport Sciences*. Además también imparte conferencias en el Máster *MEMOS (Executive Masters in Sport Organizations Management) program*.

Es experta en organización teórica y gestión estratégica de eventos deportivos, concretamente en los ámbitos de gobernanza y gestión de participantes. Sus investigaciones han estado respaldadas por varias organizaciones, incluyendo la Social Sciences and Humanities Research Council of Canada (SSHRC) y el Comité Olímpico Internacional (COI).



La doctora Parent ha escrito 6 libros, entre los que destacan: *The Routledge Handbook of Sports Event Management*; *Managing Major Sports Events: Theory and Practice*; y *Key Concepts in Sport Management*). También ha escrito capítulos en otros libros, y más de 40 artículos en revistas como *The European Sport Management Quarterly*, *Journal of Sport Management*, *Sport Management Review*, *Journal of Business Ethics*, *Corporate Reputation Review*, and *Event Management*.

3. RCPSP

The Resource-Constrained Project Scheduling Problem (RCPSP) – **Problema de programación de proyectos con limitación de recursos** - es un problema clásico en el ámbito de la Ingeniería Industrial, el cual ha recibido una extensa atención literaria.

Objetivo.- El problema consiste en encontrar un calendario factible, que minimice o maximice una función objetivo propia del proyecto, aplicado a un conjunto de actividades con unas duraciones conocidas sujetas a ligaduras de precedencia entre ellas, que establecen un orden en la realización de las mismas; y ligaduras acumulativas, las cuales limitan las actividades que pueden realizarse simultáneamente debido a los recursos consumidos por cada actividad, recursos que se encuentran limitados. En consecuencia, la duración y la calidad del proyecto dependerán de la secuencia de tareas que se escoja.

Definición.- De manera informal, el *Resource-Constrained Project Scheduling Problem (RCPSP)* tiene en cuenta la disponibilidad de recursos limitados y unas actividades de duración y demanda de recursos conocidas, restringidas entre ellas por relaciones de precedencia. El objetivo es encontrar una programación de duración mínima asignando a cada actividad un instante de inicio en función de las relaciones de precedencia y la disponibilidad de recursos.

Como explican los profesores Albert Corominas y Amaia Lusa³, un problema de *Scheduling* viene caracterizado por:

- Unos elementos que deben ser procesados, que pueden ser piezas, personas, aviones, programas informáticos, etc.
- Cada faena comprende un conjunto de operaciones entre las cuales puede haber, o no, relaciones de precedencia.
- Son necesarios unos recursos limitados para llevar a cabo dichas operaciones.
- Cada operación tiene asociada un conjunto de máquinas donde ésta puede ser realizada.
- El tiempo de procesamiento en cada máquina se supone conocido.
- El objetivo es determinar qué máquinas realizan las operaciones y los instantes de inicio de cada una de las operaciones, respetando las restricciones derivadas de las tareas.

Además, deben indicarse los supuestos con los que se resolverá cada problema de *scheduling*. Es decir, en qué condiciones se realizaran las operaciones y como se gestionaran los recursos, en qué instantes disponen las máquinas, etc.

³ Corominas, Albert; Lusa, Amaia. 2016. *Scheduling: Problemes i tècniques. Una Introducció*. OmniaScience.

Como se ha dicho anteriormente, el objetivo de cualquier problema RCPSP es cumplir un requisito final que caracterice al proyecto. Podemos ver distintos ejemplos de objetivos finales para entenderlo mejor:

1. Podemos encontrar una solución que minimice el tiempo de realización del proyecto. En este caso interesa que las tareas estén lo más cerca entre ellas en el tiempo y disponer de un número elevado de recursos,
2. En otras situaciones interesará minimizar los costes, por lo tanto es interesante encontrar un equilibrio entre reducir el consumo de recursos con elevado coste y la duración en el tiempo, si esta también conlleva un coste.
3. También puede ser que nos encontremos limitados por una fecha exacta de finalización, con lo cual se debe programar con suficiente tiempo y contar con posibles situaciones que afecten los márgenes propuestos para la realización del proyecto.

Podemos encontrarnos con infinidad de situaciones que requieran un calendario propio y distinto entre ellas. La misma situación puede tener diferentes calendarios en función del objetivo final que se desee cumplir.

3.1 Métodos de resolución

Para el estudio del caso expuesto en este trabajo se utilizaran herramientas gráficas:

3.1.1 Diagrama de GANTT

Entre los gráficos utilizados para la planificación y control de proyectos probablemente el más conocido sea el gráfico Gantt. Este gráfico se elabora con anterioridad al inicio del proyecto, representando con barras horizontales cada una de las actividades a realizar, donde la longitud de cada barra representa la duración de cada una de ellas. De esta forma el gráfico nos permite conocer el orden de realización de las distintas actividades, el calendario previsto para la ejecución de las mismas, y la duración prevista para el proyecto en su totalidad.

Conforme el proyecto avanza y se van completando las distintas actividades, el gráfico se modifica sombreando las barras horizontales de las actividades finalizadas. Estos gráficos son distribuidos periódicamente entre los miembros del proyecto, indicando mediante una línea vertical la fecha actual del informe, lo que permite saber en todo momento las actividades si se están cumpliendo los plazos establecidos, y cuáles son, si las hay, las actividades que llevan retraso.

3.1.2 Método del Camino Crítico (CPM) *Critical Path Method*

Este método fue desarrollado en 1957 por un centro de investigación de operaciones para las firmas Dupont, empresa del sector químico, y Remington Rand, en aquel entonces fabricante de ordenadores. En ambas empresas se buscaba el control y la optimización de los costes de operación mediante la planificación adecuada de las actividades que formaban sus proyectos.

Esta herramienta es útil para planificar proyectos con numerosas actividades, donde la duración de cada actividad es considerada determinista, es decir, es conocida con certeza, y en el que no existen restricciones de recursos, lo que hace que el coste del proyecto no sea un factor limitativo.

Las etapas que se deben seguir en el análisis CPM son:

1. Dibujar el grafo que muestre la secuencia de las distintas actividades,
2. Calcular los tiempos de cada actividad,
3. Calcular la holgura de cada actividad,
4. Determinar el camino o caminos críticos.

Para el dibujo del grafo se parte de la representación, en una tabla de precedencias, de las distintas actividades que componen el proyecto.

Se denomina actividad a cada una de las tareas o trabajos necesarios para realizar el proyecto y a sus acontecimientos, sucesos o nudos al inicio o finalización de cada actividad. Las actividades se representan mediante una flecha y los sucesos mediante círculos. Todo proyecto comienza y finaliza en un único suceso.

La finalidad del análisis no es sólo determinar si el proyecto podrá finalizar en el plazo establecido y representarlo de forma esquemática, lo que busca es determinar qué medidas podemos adoptar para alterar su duración prevista, para lo que debemos conocer las actividades que influyen de forma decisiva en su duración final.

Son éstas las actividades que se encuentran en el denominado **camino crítico**, el cual une aquellas actividades con holgura (tiempo de retraso que puede tener una actividad sin afectar a la duración del proyecto) igual a cero.

3.1.3 Método PERT

Siglas que definen el **Program Evaluation and Review Technique**, desarrollado en 1958 por la **Oficina de Proyectos Especiales de la Marina estadounidense** y **Lockheed Aircraft** que sigue las mismas características que el Método CPM, descrito anteriormente. Su principal novedad respecto a éste es el método de estimación de la duración de las actividades. Mientras que en el método CPM la duración de cada actividad se considera conocida con certeza, el método PERT considera dicha duración como una variable aleatoria que se debe estimar.⁴

⁴ Domínguez Machuca, José A, 1995. *Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*.

3.1.4 Gráficos de carga

El objetivo de este gráfico es representar en cada instante de tiempo la cantidad que se está utilizando de un recurso concreto o la carga que tiene un centro de trabajo.

En él aparece la cantidad de recurso que se usa en función del instante de tiempo. En caso que se disponga de recursos limitados aparece indicado cuál es este límite, ello permite conocer los centros de trabajo con sobrecarga o los recursos que se requieren pero que no se disponen. Una de sus finalidades es permitir ajustar la demanda de recursos mediante ir desplazando las tareas e ir obteniendo diversas soluciones posibles, viendo los tiempos o costes que generan y la capacidad que requieren, a fin de intentar llegar a una solución factible con el menor coste o tiempo..

3.1.5 Gráficos ROY

El método de los potenciales, conocido como grafo ROY, fue desarrollado en Europa por B. Roy. La idea básica de este método, igual que en los anteriormente explicados, es la interdependencia entre las distintas actividades que componen el proyecto, así como la determinación del camino crítico. Como principal diferencia entre este método y el PERT y CPM es la flexibilidad del grafo Roy para simular la interrelación existente entre las actividades. En este grafo los nudos representan las actividades y los arcos que los unen tienen un significado exclusivamente de prelación.

3.2 Investigación Operativa (IO)

La Investigación Operativa es una disciplina moderna que utiliza modelos matemáticos, estadísticos y algoritmos para modelar y resolver problemas complejos, determinando la solución óptima, es decir, identificar el mejor curso de acción posible, y mejorando la toma de decisiones. Se busca que las soluciones obtenidas sean significativamente más eficientes (en tiempo, recursos, beneficios, costos, etc.) en comparación a aquellas decisiones tomadas de forma intuitiva o sin el apoyo de una herramienta específica. La investigación de operaciones permite el análisis de la toma de decisiones teniendo en cuenta la escasez de recursos, para determinar cómo se puede optimizar un objetivo definido, como la maximización de los beneficios o la minimización de costos.

Un modelo es una abstracción o una representación de la realidad o un concepto o una idea con el que se pretende aumentar su comprensión, hacer predicciones y/o controlar/analizar un sistema.

“Un elemento principal de la investigación de operaciones es el modelado matemático. Aunque la solución del modelo matemático establece una base para tomar una decisión, se deben tener en cuenta factores intangibles o no cuantificables, por ejemplo el comportamiento humano, para poder llegar a una decisión final”⁵

⁵ Hamdy A. Taha. *Investigación de Operaciones*. Pearson, 2004.

La elaboración del problema está subdividida en fases obligatorias. Las principales son:

- examen de la situación real y recolección de la información;
- formulación del problema, identificación de las variables controlables y las externas (no controlables), así como la elección de la función objetivo a ser maximizada o minimizada;
- construcción del modelo matemático, destinado a dar una buena representación del problema: éste debe ser fácil de utilizar y ha de representar el problema, dando toda la información que nos permita tomar una decisión lo más idónea posible;
- resolución del modelo (mediante diferentes modalidades);
- análisis y verificación de las soluciones obtenidas: se controla si la función objetivo ofrece las ventajas esperadas; se verifica la representatividad del modelo, y se efectúan análisis de sensibilidad de la solución obtenida;
- utilización del sistema obtenido para su posterior uso.

Aunque las matemáticas y los modelos matemáticos representan una piedra angular de IO, los problemas de decisión suelen incluir importantes factores intangibles que no se pueden traducir directamente en términos del modelo matemático. De éstos, el principal es la presencia del elemento humano en casi todos y cada uno de los entornos de decisiones.

En realidad se han reportado situaciones de decisión donde el efecto de la conducta humana ha ejercido tanta influencia en el problema de decisión, que la solución obtenida a partir del modelo matemático se considera no práctica.

Este aspecto fue reconocido por los científicos británicos que fueron precursores de las primeras actividades de IO durante la II Guerra Mundial. Aunque su trabajo tenía que ver principalmente con la asignación óptima de los recursos limitados de material de guerra. En el equipo había científicos de campos como la psicología, sociología y ciencia del comportamiento para evaluar la importancia de su contribución a considerar los factores intangibles del proceso de decisión.

Al terminar la guerra, el éxito de la IO en las actividades bélicas generó gran interés debido a las posibilidades de su aplicación en un ámbito distinto al militar. Una vez que la explosión industrial posterior a la guerra siguió su curso, los problemas provocados por el aumento de la complejidad y la especialización de las organizaciones pasaron de nuevo a un primer plano.

Fue entonces cuando comenzó a hacerse evidente para un gran número de personas que estos problemas eran en esencia los mismos que los que debían enfrentar los militares en un contexto diferente. Al inicio de la década de los 50, estos visionarios introdujeron el uso de la investigación de operaciones en una serie de organizaciones industriales, de negocios y gubernamentales.

Como indica el profesor Hamdy A. Taha en sus libros, *Investigación de Operaciones*:

“La IO debe visualizarse como una ciencia y como un arte. El aspecto de la ciencia radica en ofrecer técnicas y algoritmos matemáticos para resolver problemas de decisión adecuados. La investigación de operaciones es un arte debido a que el éxito que se alcanza en todas las fases anteriores y posteriores a la solución de un modelo matemático, depende en forma apreciable de la creatividad y la habilidad personal de los analistas encargados de tomar las decisiones.”

Un modelo de decisión debe considerarse, como su nombre indica, un vehículo para “resumir” un problema decisorio, de tal forma que haga posible la identificación y evaluación sistemática de todas las alternativas de solución al problema planteado. A posteriori, llegaremos a una decisión seleccionando la alternativa que se juzgue sea la mejor entre las diferentes opciones a nuestro alcance.

En la mayoría de las aplicaciones de investigación de operaciones, se supone que la función objetivo y las restricciones del modelo se pueden expresar en forma cuantitativa o matemática como funciones de las variables de decisión. En este caso, decimos que tratamos con un modelo matemático.

Por desgracia, pese a los adelantos impresionantes en la representación por modelos matemáticos, un número apreciable de situaciones reales siguen estando fuera del alcance de las técnicas matemáticas de que se dispone en el presente.

Un enfoque diferente a la representación por medio de modelos matemáticos consiste en utilizar la simulación. Los modelos de simulación difieren de los matemáticos en que en éstos las relaciones entre la entrada y la salida no se indican de forma explícita. En cambio, un modelo de simulación divide el sistema representado en módulos básicos o elementales que después enlazan entre sí vía relaciones lógicas bien definidas. Por lo tanto, partiendo del módulo de entrada, las operaciones de cálculo pasarán de un módulo a otro hasta que se obtenga un resultado de salida.

3.3. Autores

Rainer Kolisch

El Profesor Dr. Rainer Kolisch es Director de Operaciones y Servicios Técnicos - Administración de Empresas en la *Technische Universität München - School of Management – TUM*, el principal centro germano de Estudios de Operaciones y Organización, instalado en Múnich. Kolisch es especialista en la **Organización de Operaciones con escasos Recursos**.



Las investigaciones llevadas a cabo por el Dr. Kolisch se basan en el diseño y análisis de los procesos usando modelos y métodos cuantitativos.

Entre sus **Reconocimientos** destaca:

- En el año 2005 fue nombrado uno de los 10 profesores de Negocios e Investigación más relevantes por **Handelsblatt**, el primer periódico y el medio de comunicación más importante en Alemania,
- Desde el año 2009, forma parte de los 25 profesores que más Estudios de Investigación han realizado a lo largo de su vida profesional, también según el **Handelsblatt**
- De 1996 a 1998 fue Académico de la Fundación Alemana de Investigación Científica (DFG).

El Dr. Kolisch editó innumerables **Manuales y Estudios de Investigación**, entre los que destacan:

“Serial and parallel resource-constrained project scheduling methods revisited: theory and computation”. European Journal of Operational Research.

“A project scheduling problem library”. European Journal of Operational Research.

“Characterization and generation of a general class of resource-constrained project scheduling problems”. Management Science.

Sönke Hartmann

El Doctor Sönke Hartmann es profesor de Investigación Operacional y Logística en la HSBA Hamburg School of Business Administration

Licenciado en Informática y Doctor en Operaciones por la Universidad de Kiel, sus proyectos se han focalizado siempre en la optimización de algoritmos y su simulación en las aplicaciones de administración de empresas y logística.



Ha publicado sus artículos en las más prestigiosas revistas y periódicos científicos, incluyendo la **European Journal of Operational Research**, y el **Spectrum and Naval Research Logistics**. Es además crítico en su especialidad en más de 20 publicaciones científicas, y forma parte del ranking del primer periódico y el medio de comunicación más importante en Alemania, el **Handelsblatt**, en cuyas páginas se recogen los mejores artículos de los científicos más relevantes del país germano.

Sus Áreas de Investigación son: Investigación de Operaciones, Estadística, Matemáticas, Logística y Redes, Simulación de Sistemas, Optimización, y Algoritmos y su aplicación en las empresas.

Entre sus publicaciones destacan:

"Project Scheduling Under Limited Resources: Models, Methods, and Applications"

"Experimental evaluation of state-of-the-art heuristics for the resource-constrained project scheduling problem." European Journal of Operational Research

"Project scheduling with multiple modes: A genetic algorithm." Annals of Operations Research

4. EL PROBLEMA: Descripción

El club de fútbol INVENTADO CF, equipo de un barrio de la localidad de Badalona, celebra la 2ª edición de un torneo de fútbol destinado a chicos y chicas de entre 10 y 18 años. Este torneo se celebra la primera semana del mes de junio y tiene una duración, en función de los participantes, de uno o dos fines de semana.

La 1ª edición la realizó un experto en organización de eventos deportivos, quién se basó en su experiencia para redactar, planificar y preparar el calendario del torneo. Debido al éxito cosechado en la anterior edición, este año ha aumentado el número de equipos participantes, por lo que el calendario de la pasada convocatoria ya no es válido y debe realizarse uno nuevo teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- La experiencia de la primera edición: sus puntos fuertes y débiles. Qué falló y qué detalles contribuyeron a su éxito final,
- El aumento del número de equipos participantes, de momento hay inscritos 24 equipos y es posible aumentar a 48, abre la posibilidad de un mayor número de categorías a participar. En esta ocasión serán 4.
- El mayor número de participantes nos obliga a una mayor y mejor logística y estructura: Alojamiento de los participantes, su traslado al terreno de juego, catering, incremento en el número de voluntarios, etc.

Y este año el reto es mayor: el propio staff del club se encargará de la organización del torneo, y de mantener e incluso incrementar el éxito del año anterior.

5. EL PROBLEMA: Formulación

Para comprobar que la situación en la que nos encontramos es un problema de *scheduling*, a continuación describiremos las características de este proyecto, las cuales pueden identificarse con las características propias de un problema de *scheduling*, definidas por A. Corominas y A. Lusa en el apartado 3.

En este caso, los partidos pueden identificarse como los elementos que deben procesarse, que vienen condicionados por una serie de ligaduras de precedencia, los cuales son llevados a cabo en unos campos de fútbol, que son las *máquinas* que describen, y consumen una cantidad conocida de recursos limitados, como árbitros, vestuarios, material y equipos. Además, se conocen las duraciones de todos los partidos en cada uno de los campos. Para finalizar, el objetivo es encontrar una secuencia de partidos, además de sus instantes de inicio, que permita finalizar el torneo en el período más breve posible de tiempo.

Para formular el problema se deben establecer unas suposiciones que marcaran el curso de la resolución:

- En cada campo solamente se puede llevar a cabo 1 partido a la vez, compuesto por 2 equipos.
- 1 equipo no puede estar jugando en dos campos simultáneamente,
- No hay interrupciones durante la realización de un partido,
- Todos los recursos están disponibles desde el instante inicial,
- Se considera como tiempo inicial ($t=0$) las 8:00am.

Plantearemos dos casos distintos de torneo, dadas las posibles circunstancias actuales. En ambos torneos se cumplen las anteriores suposiciones.

La primera situación que plantearemos es la siguiente:

Esta nueva edición del torneo se realizará los días 3 y 4 de junio de 2017 y contará con **24 equipos participantes repartidos en 4 categorías**, en función de la edad de los jugadores:

- Alevín: 10 - 11 años
- Infantil: 12 - 13 años
- Cadete: 14 - 15 años
- Juvenil: 16 - 18 años

Los grupos no estarán compuestos por el mismo número de equipos, sino que seguirán la distribución y nomenclatura siguientes:

ALEVÍN		INFANTIL	CADETE	JUVENIL	
GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 2
A1	A5	I1	C1	J1	J5
A2	A6	I2	C2	J2	J6
A3	A7	I3	C3	J3	J7
A4	A8	I4	C4	J4	J8

Para su realización, el club estima que se necesitaran las siguientes instalaciones:

- 2 campos de fútbol
- 4 vestuarios
- Comedor con capacidad para 6 equipos

Además, necesitará contratar empresas externas para:

- Autocares para los traslados del campo al hotel i/v
- Hotel para todos los equipos
- Empresa de catering para preparar y servir las comidas

Y la otra situación en la que nos encontraremos es:

Esta nueva edición del torneo se realizará los días 3 y 4 de junio de 2017 (el club desea saber si será necesario el siguiente fin de semana para terminar) y contará con 24 equipos participantes repartidos en 4 categorías, en función de la edad de los jugadores.

- Alevín: 10 - 11 años
- Infantil: 12 - 13 años
- Cadete: 14 - 15 años
- Juvenil: 16 - 18 años

Los grupos no estarán compuestos por el mismo número de equipos, sino que seguirán la distribución y nomenclatura siguientes:

ALEVÍN				INFANTIL		CADETE		JUVENIL			
GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4
A1	A5	A9	A13	I1	I5	C1	C5	J1	J5	J9	J13
A2	A6	A10	A14	I2	I6	C2	C6	J2	J6	J10	J14
A3	A7	A11	A15	I3	I7	C3	C7	J3	J7	J11	J15
A4	A8	A12	A16	I4	I8	C4	C8	J4	J8	J12	J16

Para su realización, el club estima que se necesitaran las siguientes instalaciones:

- 4 campos de fútbol
- 6 vestuarios
- Comedor con capacidad para 8 equipos
- Salida de los hoteles a las 8:00h y últimos partidos a las 21:00h como tarde.

Además, necesitará contratar empresas externas para:

- Autocares para los traslados del campo al hotel y al revés
- Hotel para todos los equipos
- Empresa de catering para preparar y servir las comidas

6. EL PROBLEMA: Resolución

El primer paso a seguir para planificar un proyecto es concretar los objetivos que deseamos conseguir en su desarrollo, su aplicación, dónde queremos llegar, cómo y con qué medios.

Para resolver los dos tipos de torneo que nos planteamos, actuaremos de la misma manera. La única diferencia será la distribución de recursos y el número de tareas que hará que la duración de cada torneo varíe.

A continuación, desarrollamos el listado de tareas que se deben realizar para finalizar el primer torneo, compuesto **por 24 equipos en 4 categorías**. Además, debemos conocer los recursos disponibles, para saber en todo momento qué tareas se pueden realizar y cuáles deberán posponerse.

Para comenzar, debemos partir del conocimiento de todas las actividades que componen el proyecto, así como de sus **relaciones de prelación**.

Tenemos un listado de partidos que conforman el torneo y que deben acabar para poder dar el torneo por finalizado, donde el objetivo es que haya un ganador en cada competición. Para ello completamos la **tabla de precedencias y recursos según categoría**.

- Categoría Alevín:

PARTIDO	PRECEDENTE	DURACIÓN	VESTUARIOS	CANCHAS
P1	-	20	2	1
P2	-	20	2	1
P3	-	20	2	1
P4	-	20	2	1
P5	-	20	2	1
P6	-	20	2	1
P7	-	20	2	1
P8	-	20	2	1
P9	-	20	2	1
P10	-	20	2	1
P11	-	20	2	1
P12	-	20	2	1
P13	P1-P12	20	2	1
P14	P1-P12	20	2	1
P15	P1-P12	20	2	1
P16	P1-P12	20	2	1
P17	P13-P16	20	2	1
P18	P13-P16	20	2	1
P19	P17,P18	20	2	1

Tabla 1. Partidos que deben realizarse en la categoría Alevín

- **Categoría Infantil:**

PARTIDO	PRECEDENTE	DURACIÓN	VESTUARIOS	CANCHAS
P39	-	25	2	1
P40	-	25	2	1
P41	-	25	2	1
P42	-	25	2	1
P43	-	25	2	1
P44	-	25	2	1
P45	P39-P44	25	2	1
P46	P39-P44	25	2	1
P47	P45,P56	25	2	1

Tabla 2. Partidos que deben realizarse en la categoría Infantil

- **Categoría Cadete:**

PARTIDO	PRECEDENTE	DURACIÓN	VESTUARIOS	CANCHAS
P48	-	30	2	1
P49	-	30	2	1
P50	-	30	2	1
P51	-	30	2	1
P52	-	30	2	1
P53	-	30	2	1
P54	P48-P53	30	2	1
P55	P48-P53	30	2	1
P56	P54,P55	30	2	1

Tabla 3. Partidos que deben realizarse en la categoría Cadete

- **Categoría Juvenil:**

PARTIDO	PRECEDENTE	DURACIÓN	VESTUARIOS	CANCHAS
P20	-	35	2	1
P21	-	35	2	1
P22	-	35	2	1
P23	-	35	2	1
P24	-	35	2	1
P25	-	35	2	1
P26	-	35	2	1
P27	-	35	2	1
P28	-	35	2	1
P29	-	35	2	1
P30	-	35	2	1
P31	-	35	2	1
P32	P20-P31	35	2	1
P33	P20-P31	35	2	1
P34	P20-P31	35	2	1
P35	P20-P31	35	2	1
P36	P32-P35	35	2	1
P37	P32-P35	35	2	1
P38	P36,P37	35	2	1

Tabla 4. Partidos que deben realizarse en la categoría Juvenil

A continuación debemos plasmar esta sucesión de tareas en algún gráfico, de los descritos en el apartado 2.1, que nos permita una comprensión más sencilla de cómo están secuenciadas las tareas necesarias. De los explicados anteriormente, escogeremos, para empezar, un **GRAFO ROY** que nos permite ver la duración de cada partido, sus precedencias **sin tener en cuenta la disponibilidad de recursos** y el instante final del torneo.

Para realizar el grafo ROY se deben seguir una serie de reglas para su diseño:

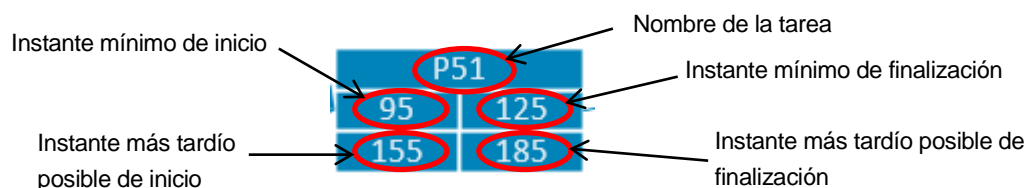
Para construir el grafo se comienza por el nudo **inicio del proyecto**, de duración nula. A continuación se colocan el resto de actividades haciendo cumplir las relaciones de prelación establecidas, sumando los instantes mínimos de inicio con su duración y llegando al final a una serie de tareas que no tienen continuación. El **final del proyecto** aparecerá después de un suceso ficticio (suceso sin duración). La fecha más temprana del suceso final nos indicará la duración total del mismo, o el tiempo mínimo en el que se puede acabar el proyecto (en condiciones normales y sin acelerar la ejecución de las distintas actividades). (Ver figura 1)

Como se puede observar, hay actividades en las que coincide su fecha más tardía con su fecha más temprana, éstas se denominan actividades críticas y son las que forman el **camino crítico**.

Datos que obtenemos mediante el grafo:

- **Instante final:** 4h 5 minutos después del inicio. Es decir, finaliza a las 12:05h
- **Camino crítico:** (marcado en rojo) Todas las actividades pertenecientes al torneo de la categoría Juvenil.

Una vez elaborado el grafo queda clara la secuencia de actividades y se puede pasar a la programación de las mismas. Para ello es necesario conocer las duraciones de las distintas actividades. En las tablas 1, 2, 3 y 4 se indican las duraciones de todas las actividades, aunque se entiende que puede haber algún factor externo que las pueda hacer variar ligeramente, como el tráfico en el trayecto del autocar, una tanda de penaltis en un partido que acaba en empate, un ligero retraso inicial que se va acumulando, entre otros.



Como es lógico, no todos los sucesos serán igualmente vitales, en relación al cumplimiento de fechas, para que el proyecto se finalice en el tiempo calculado mediante el grafo. Por ello es muy interesante y útil calcular en qué momento se pueden producir, como muy tarde, cada uno de los sucesos para que el proyecto pueda acabarse en el plazo previsto.

Estas fechas se denominan **fechas más tardías del suceso**. Su proceso de cálculo es análogo al de las fechas más tempranas, pero empezando por el suceso final.

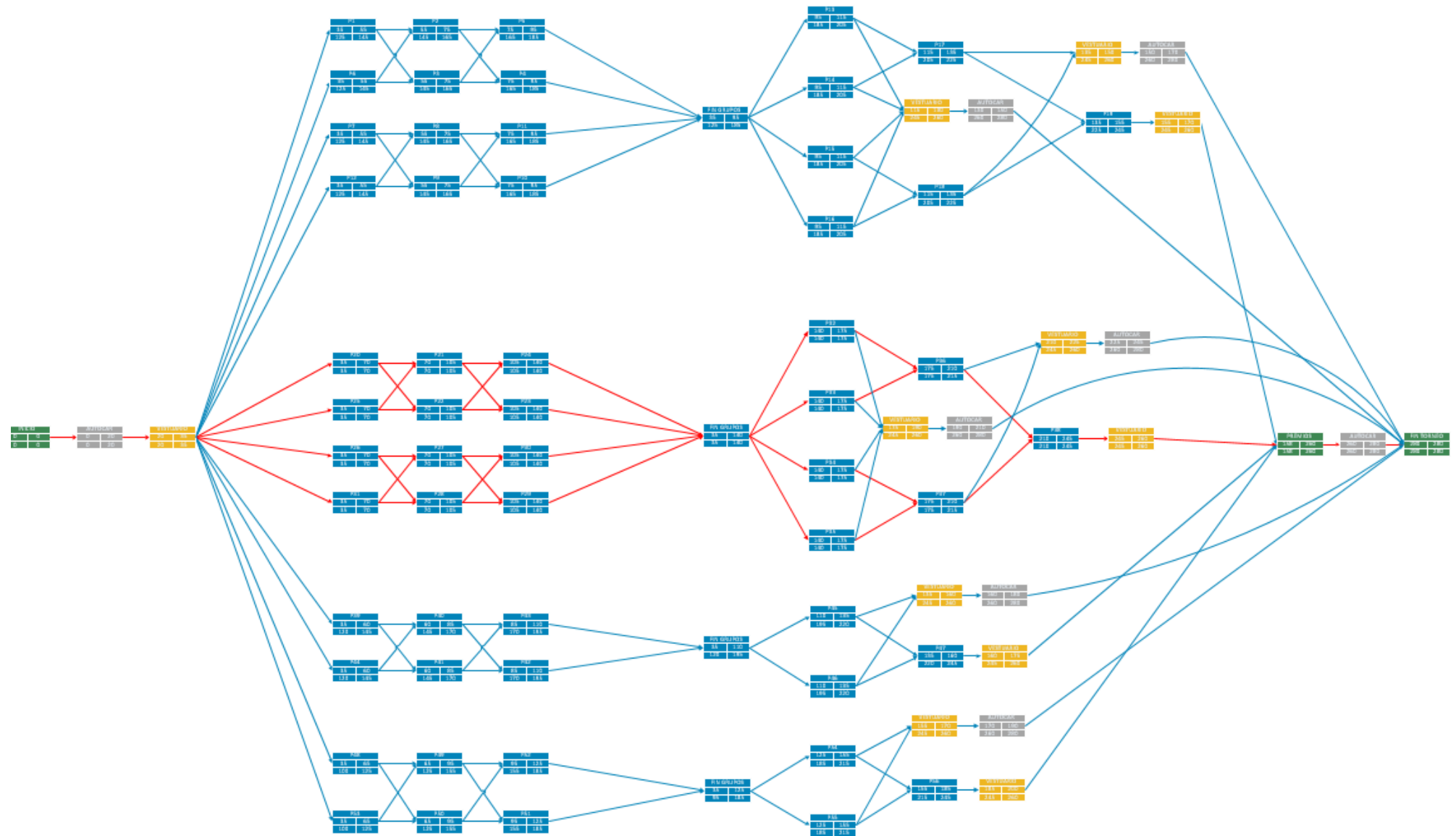


Figura 1. Grafo ROY del torneo compuesto por 24 equipos.

Una vez realizada la programación del proyecto realizaremos un **Diagrama tipo Gantt**, explicado en el punto 2.1, colocando las tareas en sus fechas más tempranas. Este diagrama nos permite conocer el momento exacto de inicio de cada actividad, su margen y el tiempo de finalización. Además permite conocer en qué instante del proyecto nos encontramos en cada momento y hacer modificaciones en caso que éstas fueran necesarias.

Realizaremos dos estudios en cada caso: en un primer caso no tendremos en cuenta la limitación de recursos y realizaremos el torneo en una versión “idealizada”

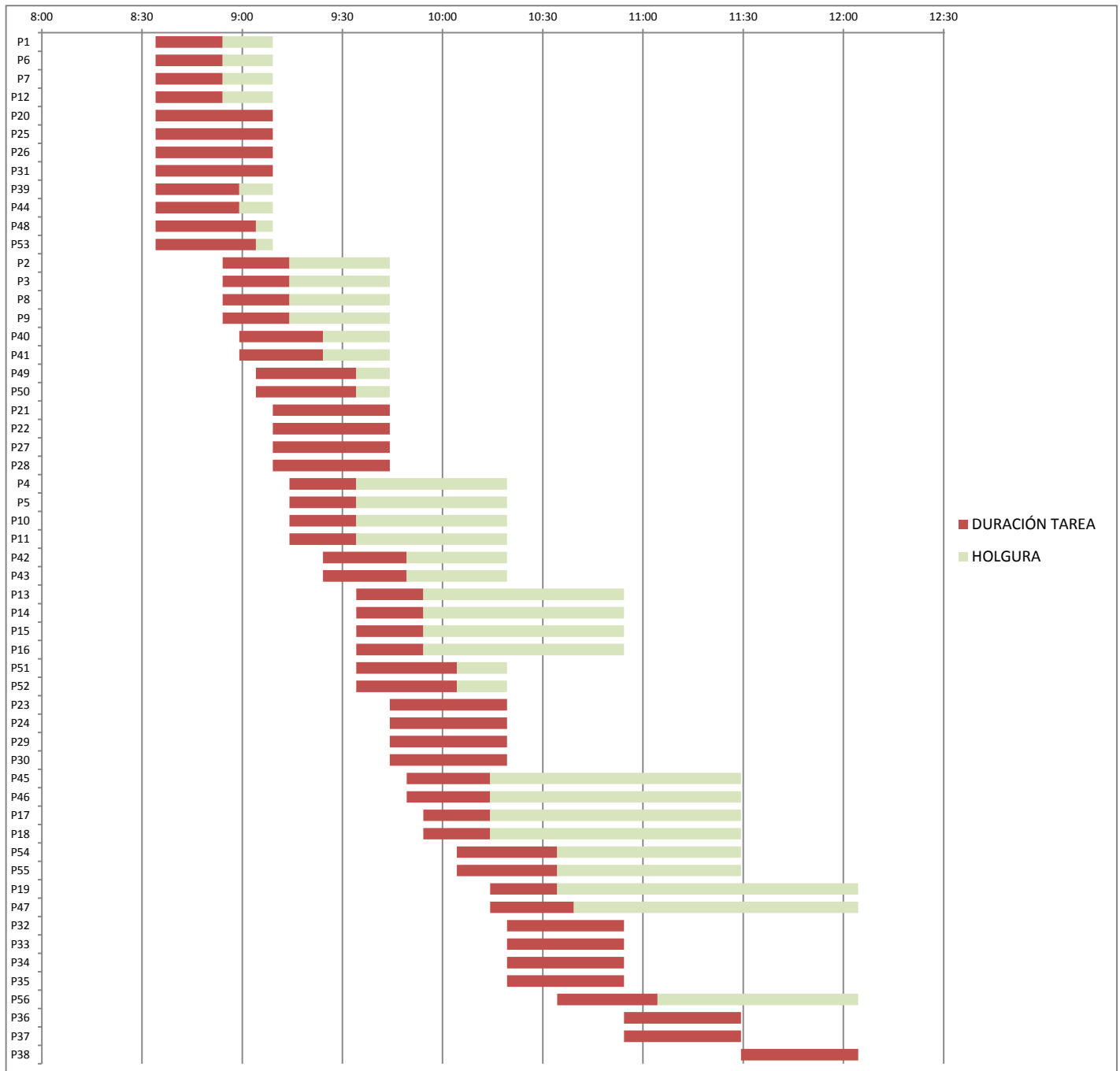


Figura 2. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo con limitación de recursos

Además, permite realizar el diagrama de cargas para los distintos recursos fundamentales. Es decir, con el **Diagrama de Gantt** podemos ver cuántos recursos necesitamos en cada instante.

Los recursos que necesitamos son:

- **Campos** donde disputar los partidos,
- **Vestuarios** en los que se puedan cambiar los jugadores de los equipos
- **Autocares** para desplazar los equipos del hotel al campo y al revés.
- **Comedor**

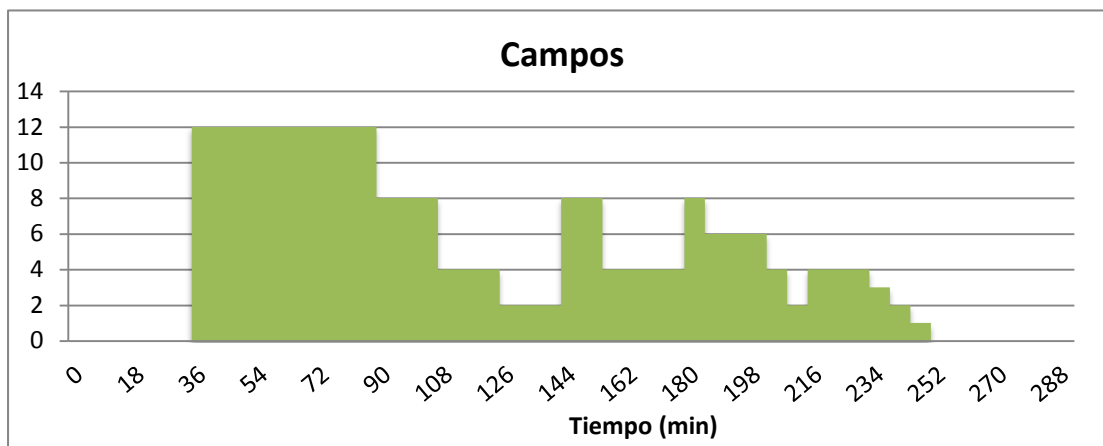


Figura 3. Curva de carga del recurso campo en función de los minutos transcurridos desde el inicio

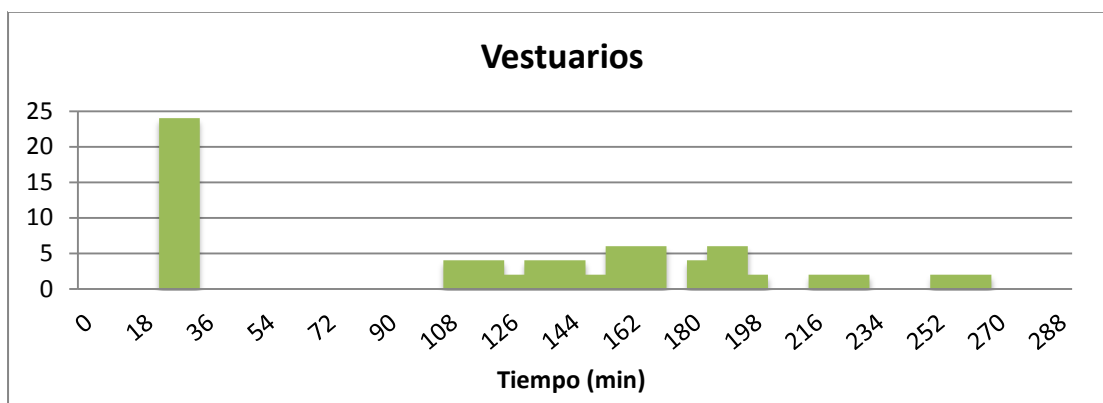


Figura 4. Curva de carga del recurso vestuario en función de los minutos transcurridos desde el inicio

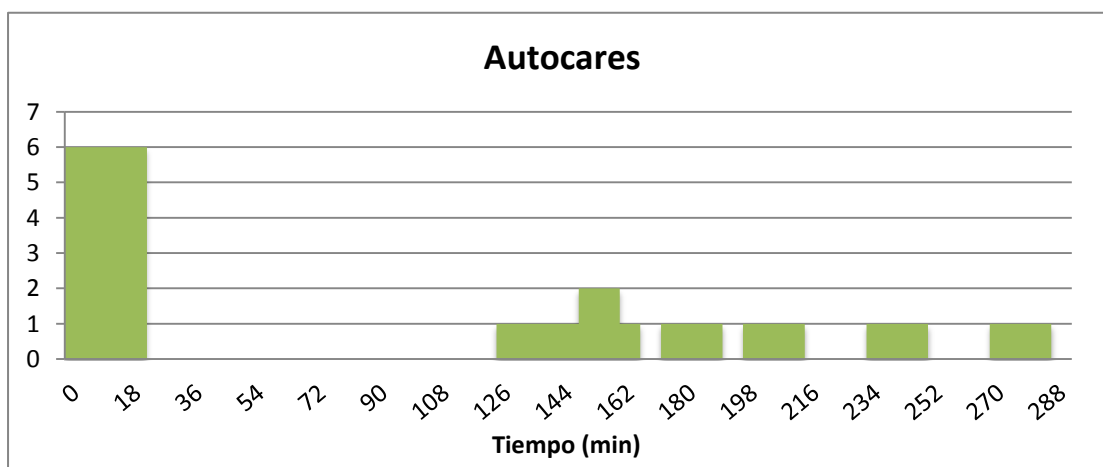


Figura 5. Curva de carga del recurso autocar en función de los minutos transcurridos desde el inicio

Como podemos ver, al no tener limitación en los recursos, podemos permitirnos utilizar 12 campos, 24 vestuarios y 6 autocares al mismo tiempo, hecho que no corresponde con la realidad del club organizador del torneo.

Esta hipótesis se ha realizado para que quede reflejada la situación ideal con la que compararemos la situación real en la que tenemos limitación en los recursos, característica que, seguramente, afectará a la duración del torneo.

El siguiente caso de estudio es el de **recursos limitados**, en el que disponemos de:

- 2 campos donde poder disputar los partidos,
- 4 vestuarios para que los equipos se preparen
- 2 autocares con capacidad para 4 equipos, teniendo en cuenta el número de miembros en cada equipo y,
- 1 comedor con capacidad para 6 equipos, teniendo en cuenta el número de miembros en cada equipo

El hecho de limitar los recursos repercute a la hora de programar los partidos, ya que no podemos realizar tantos partidos a la vez como propone el **Grafo ROY**.

¿Cómo sabemos qué partidos que se realizan en cada momento?

Al limitar los recursos nos encontramos con varios partidos que podrían realizarse a la vez, pero que en realidad no puede ser así al no disponer de tantos recursos como son necesarios.

Para resolver el caso debemos **nivelar los recursos**. Para llevar a cabo la nivelación existen varios algoritmos, la mayoría **heurísticos** que persiguen que el consumo de recursos por unidad de tiempo sea lo más uniforme posible. El recurso se asignará a las distintas actividades que aparecen en el mismo período en función de alguna regla de prioridad. En el caso que el recurso se agote y queden actividades por realizar, éstas se retrasarán un período para asignarse posteriormente.

Para asignarlas al siguiente instante de tiempo seguiremos unas **Reglas de prioridad**. Ésta es una técnica heurística consistente en el establecimiento de un criterio impuesto por quien nivela los recursos. En base al criterio escogido se selecciona el primer partido que se realizará y en qué campo. Una vez se aproxime su finalización se determina el próximo a realizar y así sucesivamente.

Las reglas que se aplicarán en este proyecto, por orden, son:

- Comenzar la tarea más corta,
- Comenzar por la de menor holgura,
- Poner aquella que precede a un mayor número de actividades,
- No permitir que las categorías Alevín e Infantil jueguen a partir de las 19h, y
- Poner aquella que precede a un mayor número de actividades críticas

Una vez aplicadas estas reglas nos aparecen unas curvas de carga distintas a las ideales, como era de esperar. Además, también como esperábamos, el torneo se alarga en el tiempo, lo que conlleva una modificación en el **Diagrama de Gantt** y en su fecha final:

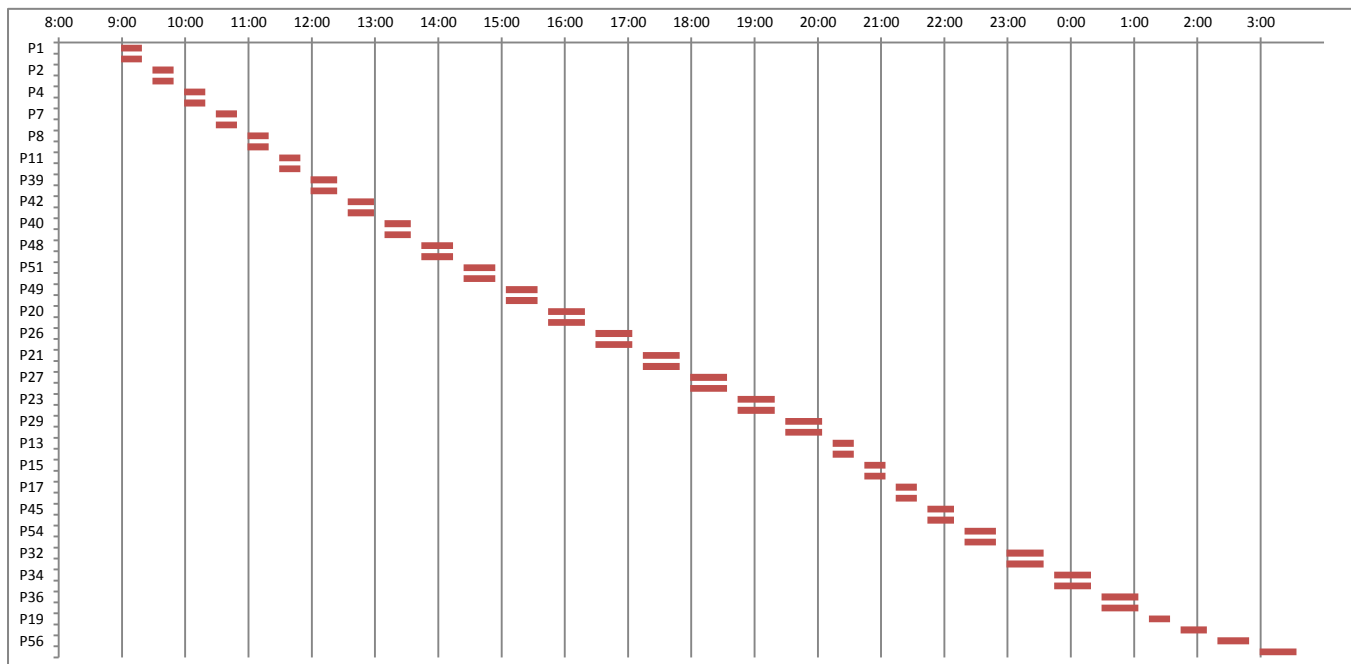


Figura 6. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo con limitación de recursos

Como vemos, la hora final del torneo se ve afectada. Si con recursos ilimitados el torneo finaliza a las 12:05h, con la limitación de recursos y los criterios considerados para organizar los partidos el torneo, éste finaliza a las 3:40h del día siguiente.

Como es lógico, no podemos permitirnos que el torneo se juegue de madrugada, además que los participantes no han comido ni descansado durante su realización.

Esto nos lleva a distribuir los partidos en días distintos en función de los horarios establecidos por la organización: de 8:00h a 21:00h. Para ello debe realizarse un **Diagrama de Gantt** en función del día en que se jueguen los partidos.

- Día 1:

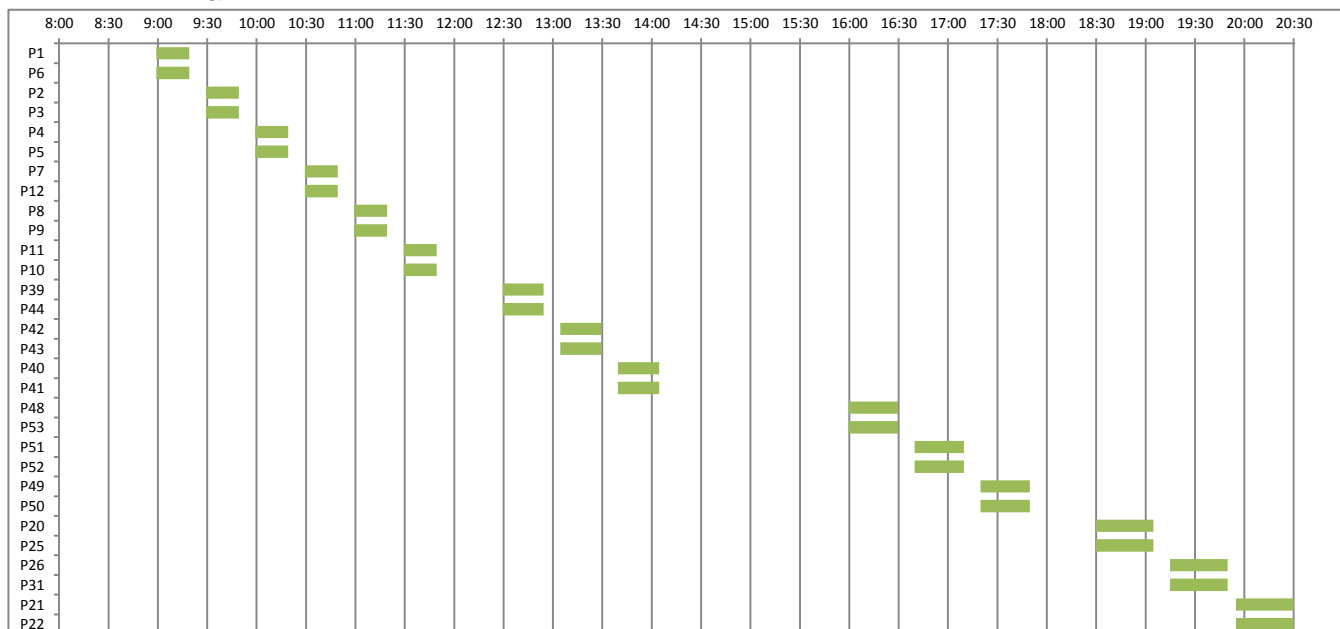


Figura 7. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo con limitación de recursos.

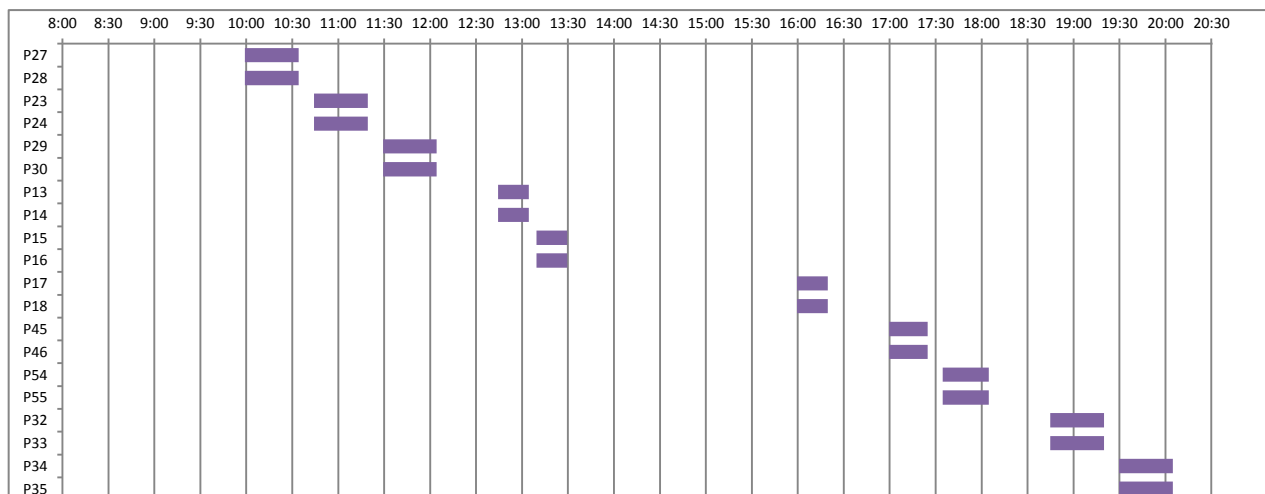
- **Día 2:**

Figura 8. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo con limitación de recursos.

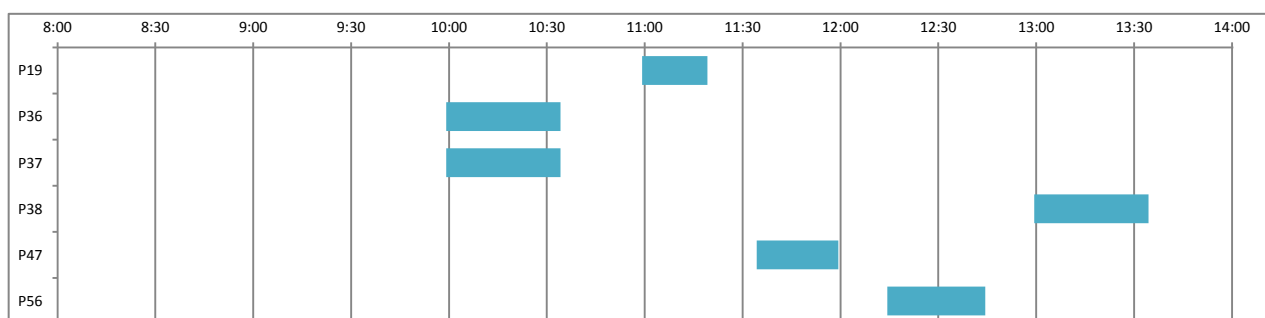
- **Día 3:**

Figura 9. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo con limitación de recursos.

Como podemos ver, ahora el torneo finaliza a las 13:35h del tercer día, así que propondremos a la organización del torneo empezar el viernes 2 de junio para finalizar el domingo 4 en vez de finalizar el lunes 5.

Esta redistribución de los partidos en días provocada por la distribución de los recursos hace que las curvas de carga queden modificadas, en comparación con las curvas ideales:

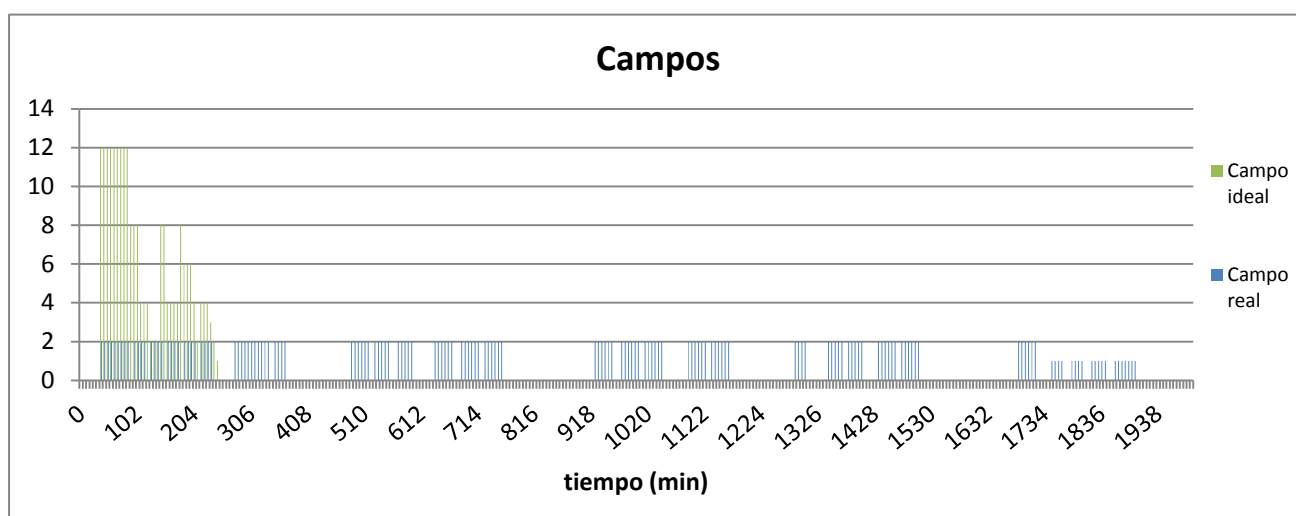


Figura 10. Curvas de carga comparando la situación sin limitación de recursos con la limitada

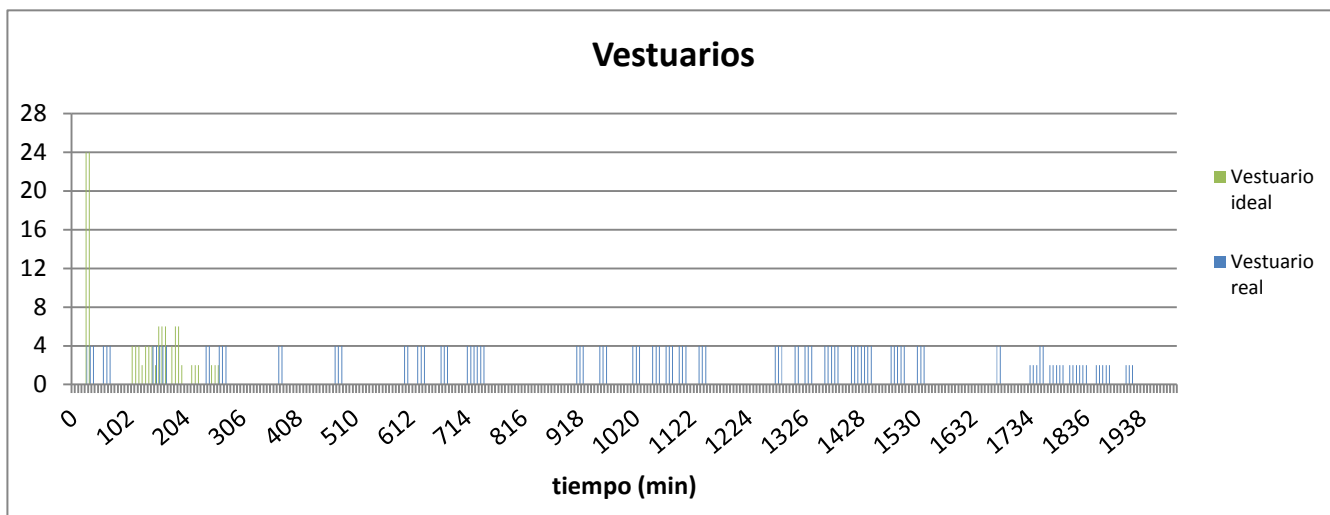


Figura 11. Curvas de carga comparando la situación sin limitación de recursos con la limitada

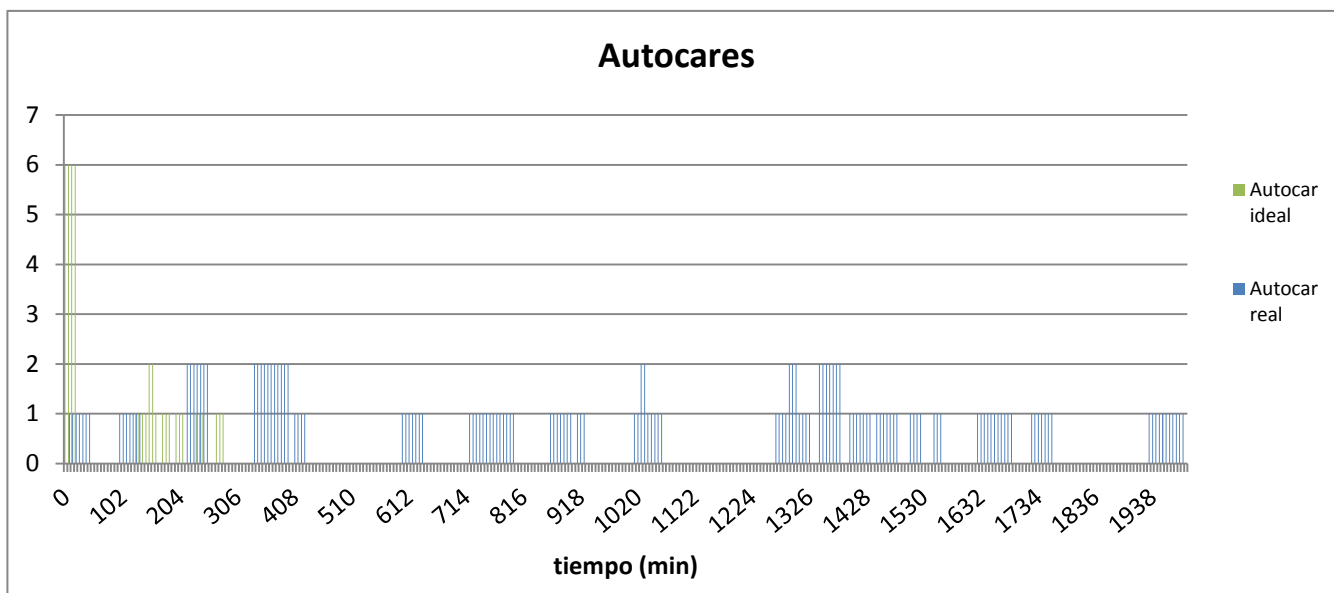


Figura 12. Curvas de carga comparando la situación sin limitación de recursos con la limitada

Como podemos ver en los **Diagramas de Gantt**, hay unos espacios en blanco a ciertas horas, eso es debido a la necesidad de introducir el recurso comedor ya que debido a las horas de participación los jugadores deben comer. Éste no aparece en el torneo ideal ya que está comprendido en 1 única mañana, el cual será distribuido entre los equipos participantes.

Considerando 6 recursos de comedor, ya que en un comedor caben 6 equipos nos aparece la siguiente curva, donde vemos los dos instantes en los que necesitamos el recurso comedor a lo largo del torneo:

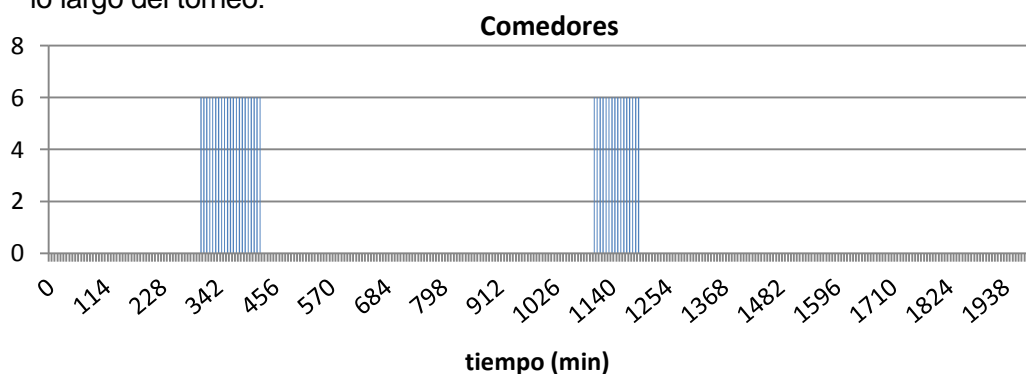


Figura 13. Curva de carga del comedor durante todo el torneo.

Una vez realizado el estudio de gráficos y tablas llegamos a la **conclusión final** de la programación del torneo, que entregaremos al equipo organizador para que la evalúe:

Inicio del torneo: viernes 2 de junio a las 8:00h

Fin del torneo: domingo 4 de junio a las 13:35h

Equipos participantes: 24 equipos

- 8 equipos Alevín
- 4 equipos Infantil
- 4 equipos Cadete
- 8 equipos Juvenil

Recursos:

- 2 autocares durante 2 días completos y 1 autocar durante el último día.
- Servicio de Comidas 2 días.
- 2 noches de hotel para 12 equipos.
- 3 noches de hotel para 12 equipos.
- Alquiler de 2 campos durante 2 días y medio.
- Instalaciones con 4 vestuarios.
- Si un árbitro puede arbitrar 4 partidos y se realizan 56 partidos, se necesitan 6 árbitros para 2 días y 2 árbitros para el último día.

Vamos a programar ahora la segunda situación en la que puede encontrarse el equipo organizador.

El procedimiento a seguir para obtener una solución a esta situación es idéntico al procedimiento descrito en la anterior resolución, por ello solo se detallará algún paso en el que puedan haber diferencias.

Empezamos, igual que antes, desarrollando el listado de tareas que se deben realizar para finalizar el torneo, esta vez, compuesto por **48 equipos en 4 categorías**. Debemos conocer, también, los **recursos disponibles** para saber en todo momento qué tareas puedo realizar y cuáles deben posponerse.

Para comenzar debemos partir del conocimiento de todas las actividades que componen este proyecto, así como de sus relaciones de prelación. El listado de partidos en la situación actual es el reflejado en la siguiente **tabla de precedencias y recursos**:

- **Categoría Alevín:**

PARTIDO	PRECEDENTE	DURACIÓN	VESTUARIOS	CAMPOS
P1	-	20	2	1
P2	-	20	2	1
P3	-	20	2	1
P4	-	20	2	1
P5	-	20	2	1
P6	-	20	2	1
P7	-	20	2	1
P8	-	20	2	1
P9	-	20	2	1
P10	-	20	2	1
P11	-	20	2	1
P12	-	20	2	1
P1a	-	20	2	1
P2a	-	20	2	1
P3a	-	20	2	1
P4a	-	20	2	1
P5a	-	20	2	1
P6a	-	20	2	1
P7a	-	20	2	1
P8a	-	20	2	1
P9a	-	20	2	1
P10a	-	20	2	1
P11a	-	20	2	1
P12a	-	20	2	1
P13	P1-P12a	20	2	1
P14	P1-P12a	20	2	1
P15	P1-P12a	20	2	1
P16	P1-P12a	20	2	1
P17	P13-P16	20	2	1
P18	P13-P16	20	2	1
P19	P17,P18	20	2	1

Tabla 5. Partidos que deben realizarse en la categoría Alevín

- **Categoría Infantil:**

PARTIDO	PRECEDENTE	DURACIÓN	VESTUARIOS	CANCHAS
P39	-	25	2	1
P40	-	25	2	1
P41	-	25	2	1
P42	-	25	2	1
P43	-	25	2	1
P44	-	25	2	1
P39a	-	25	2	1
P40a	-	25	2	1
P41a	-	25	2	1
P42a	-	25	2	1
P43a	-	25	2	1
P44a	-	25	2	1
P45	P39-P44a	25	2	1
P46	P39-P44a	25	2	1
P45a	P39-P44a	25	2	1
P46a	P39-P44a	25	2	1
P59	P45-P46a	25	2	1
P60	P45-P46a	25	2	1
P47	P59, P60	25	2	1

Tabla 6. Partidos que deben realizarse en la categoría Infantil

- **Categoría Cadete:**

OPERACIÓN	PRECEDENTE	DURACIÓN	VESTUARIOS	CANCHAS
P48	-	30	2	1
P49	-	30	2	1
P50	-	30	2	1
P51	-	30	2	1
P52	-	30	2	1
P53	-	30	2	1
P48a	-	30	2	1
P49a	-	30	2	1
P50a	-	30	2	1
P51a	-	30	2	1
P52a	-	30	2	1
P53a	-	30	2	1
P54	P48-P53a	30	2	1
P55	P48-P53a	30	2	1
P54a	P48-P53a	30	2	1
P55a	P48-P53a	30	2	1
P57	P54-P55a	30	2	1
P58	P54-P55a	30	2	1
P56	P57, P58	30	2	1

Tabla 7. Partidos que deben realizarse en la categoría Cadete

- **Categoría Juvenil:**

OPERACIÓN	PRECEDENTE	DURACIÓN	VESTUARIOS	CANCHAS
P20	-	35	2	1
P21	-	35	2	1
P22	-	35	2	1
P23	-	35	2	1
P24	-	35	2	1
P25	-	35	2	1
P26	-	35	2	1
P27	-	35	2	1
P28	-	35	2	1
P29	-	35	2	1
P30	-	35	2	1
P31	-	35	2	1
P20a	-	35	2	1
P21a	-	35	2	1
P22a	-	35	2	1
P23a	-	35	2	1
P24a	-	35	2	1
P25a	-	35	2	1
P26a	-	35	2	1
P27a	-	35	2	1
P28a	-	35	2	1
P29a	-	35	2	1
P30a	-	35	2	1
P31a	-	35	2	1
P32	P20-P31a	35	2	1
P33	P20-P31a	35	2	1
P34	P20-P31a	35	2	1
P35	P20-P31a	35	2	1
P36	P32-P35	35	2	1
P37	P32-P35	35	2	1
P38	P36,P37	35	2	1

Tabla 8. Partidos que deben realizarse en la categoría Juvenil

A continuación, plasmamos esta sucesión de tareas en el **Gráfico ROY** que permite ver la duración de las tareas y sus precedencias **sin tener en cuenta la disponibilidad de recursos**.

Igual que antes, no todos los sucesos serán igualmente vitales, en relación al cumplimiento de fechas, para que el proyecto se finalice en el tiempo calculado mediante el grafo. Volvemos a calcular en qué momento se pueden producir, como muy tarde, cada uno de los sucesos para que el proyecto pueda acabarse en el plazo previsto.

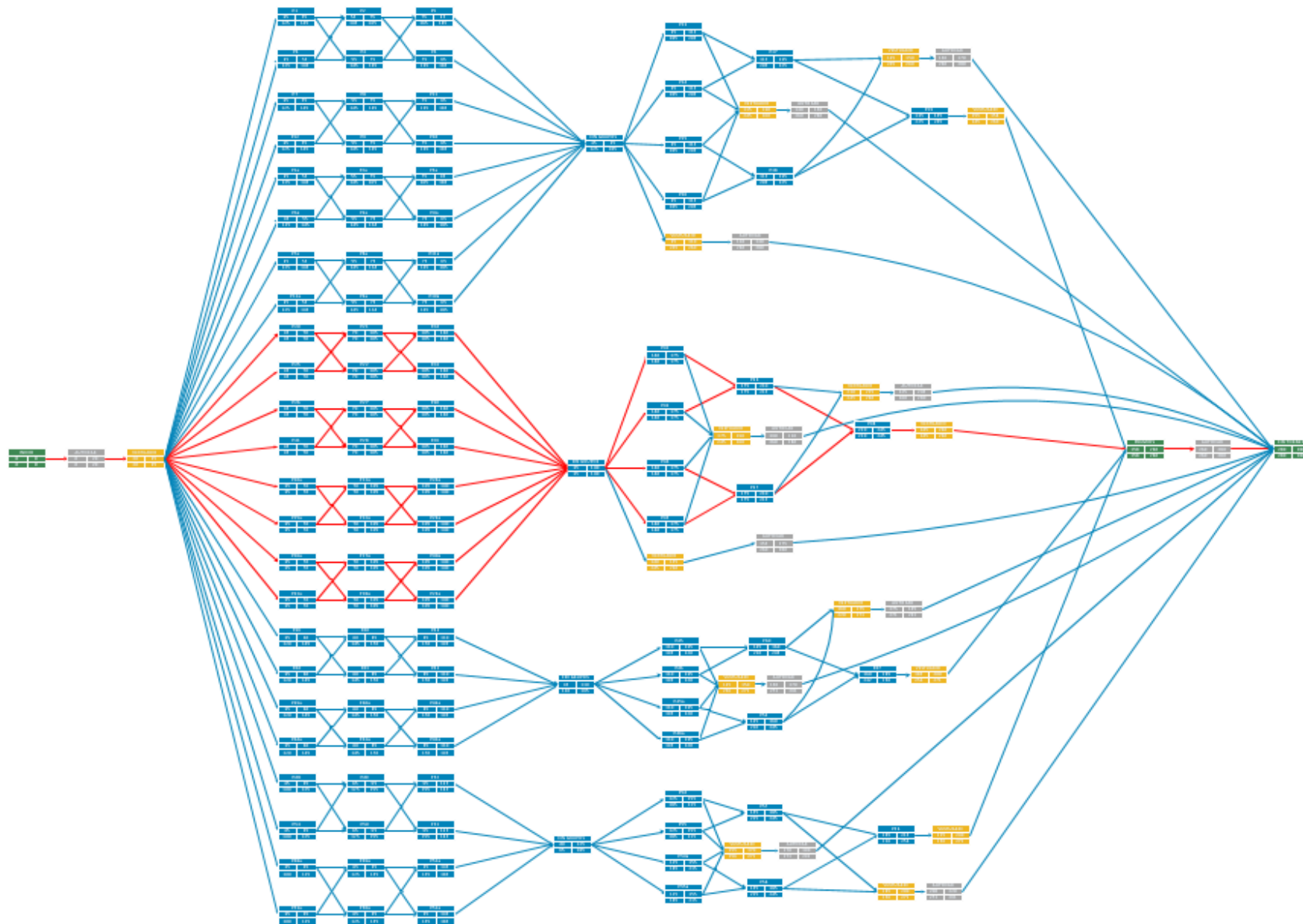


Figura 14. Grafo ROY del torneo compuesto por 48 equipos

Datos que obtenemos mediante el grafo:

- **Instante final:** 4h 5 minutos después del inicio. Es decir, finaliza a las 12:05h
- **Camino crítico:** (marcado en rojo) Todas las actividades pertenecientes al torneo de la categoría Juvenil.

Vemos que este torneo *idealizado* tiene la misma duración que el anterior *idealizado*, eso es debido a que aunque hayamos añadido más partidos, éstos tienen la misma duración y se pueden realizar en paralelo con los anteriores ya que podemos utilizar tantos campos como necesitemos.

Una vez elaborado el grafo queda clara la secuencia de actividades y se puede pasar a la programación de las mismas. Para ello es necesario conocer la duración de cada una de las distintas actividades. En las tablas 5, 6, 7, 8 se indican las duraciones de todas las actividades, aunque, como antes, se entiende que puede haber algún factor externo que las pueda hacer variar ligeramente.

Una vez realizada la programación del proyecto volvemos a realizar el **Diagrama Gantt** colocando las tareas en sus fechas más tempranas sin tener en cuenta la limitación de recursos y realizamos el torneo en una versión “idealizada”.

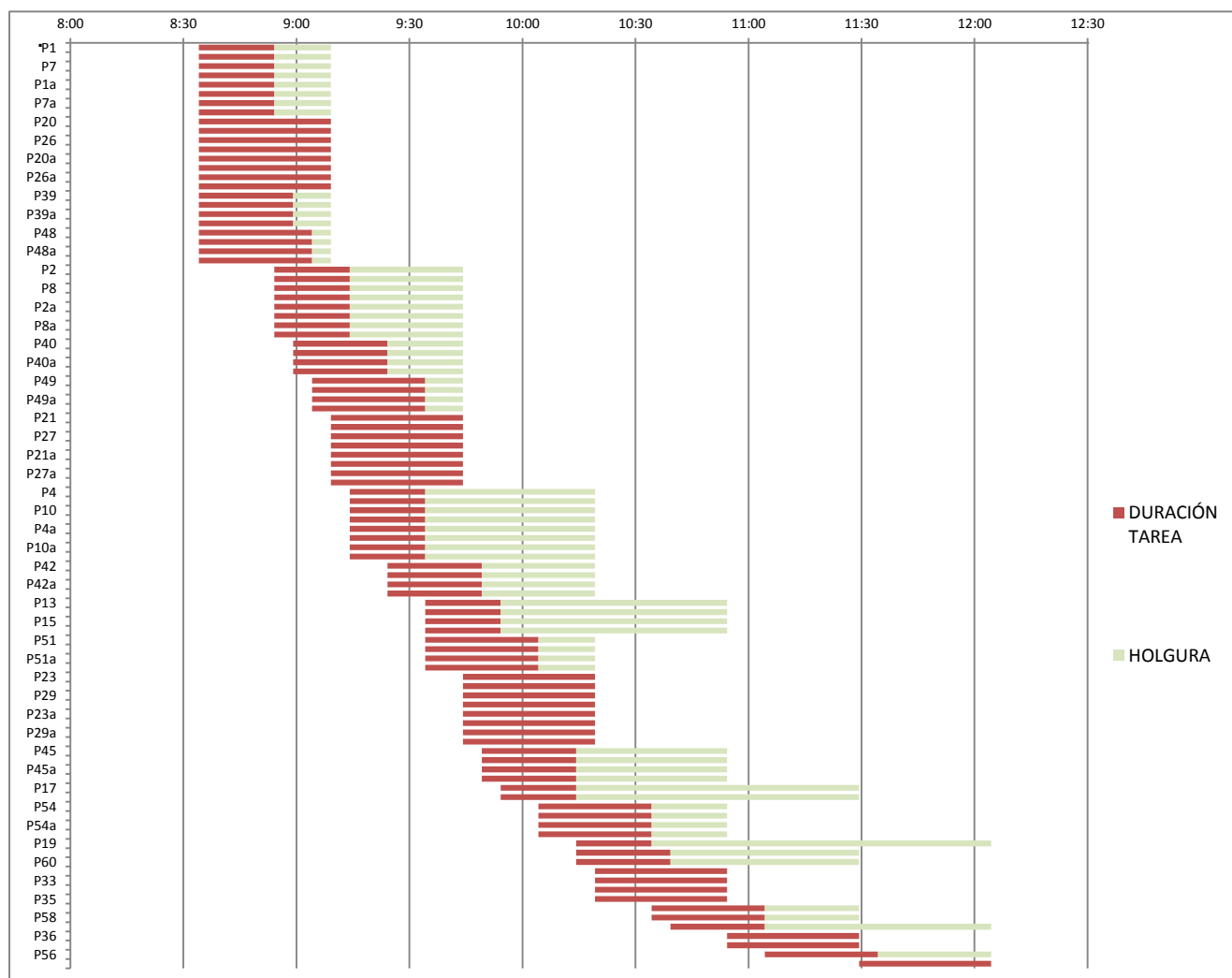


Figura 15. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo sin limitación de recursos

Ahora podemos realizar el **diagrama de cargas** para los distintos recursos fundamentales y conocer ver en cada instante de tiempo cuántos recursos necesitamos.

Los recursos que necesitamos son:

- **Campos** donde disputar los partidos,
- **Vestuarios** en los que se puedan cambiar los jugadores de los equipos
- **Autocares** para desplazar los equipos del hotel al campo y al revés.
- **Comedor**

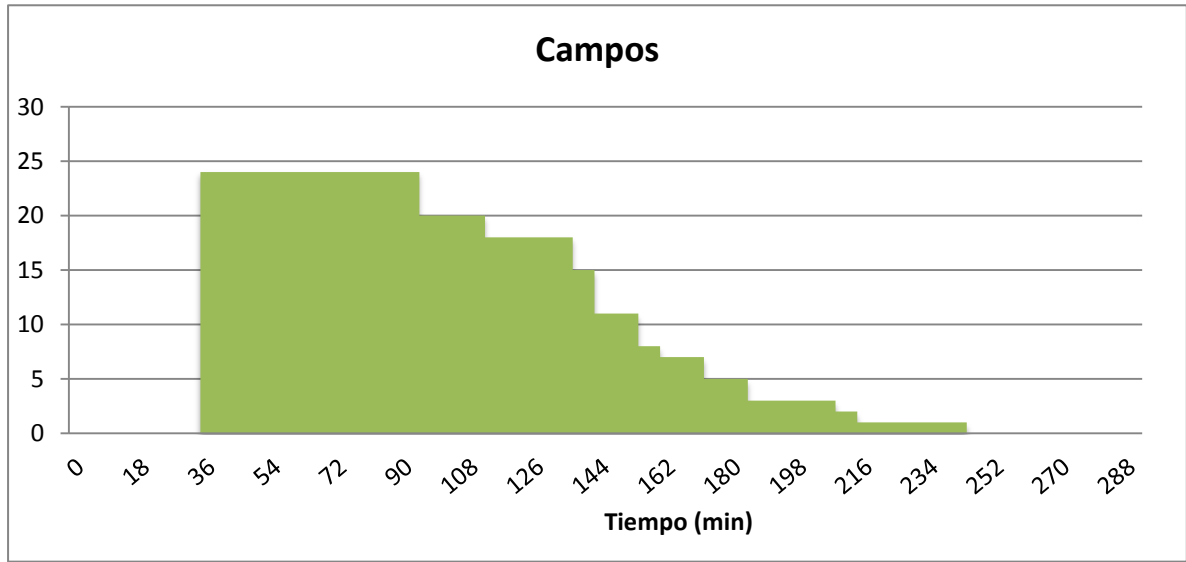


Figura 16. Curva de carga del recurso campo en función de los minutos transcurridos desde el inicio

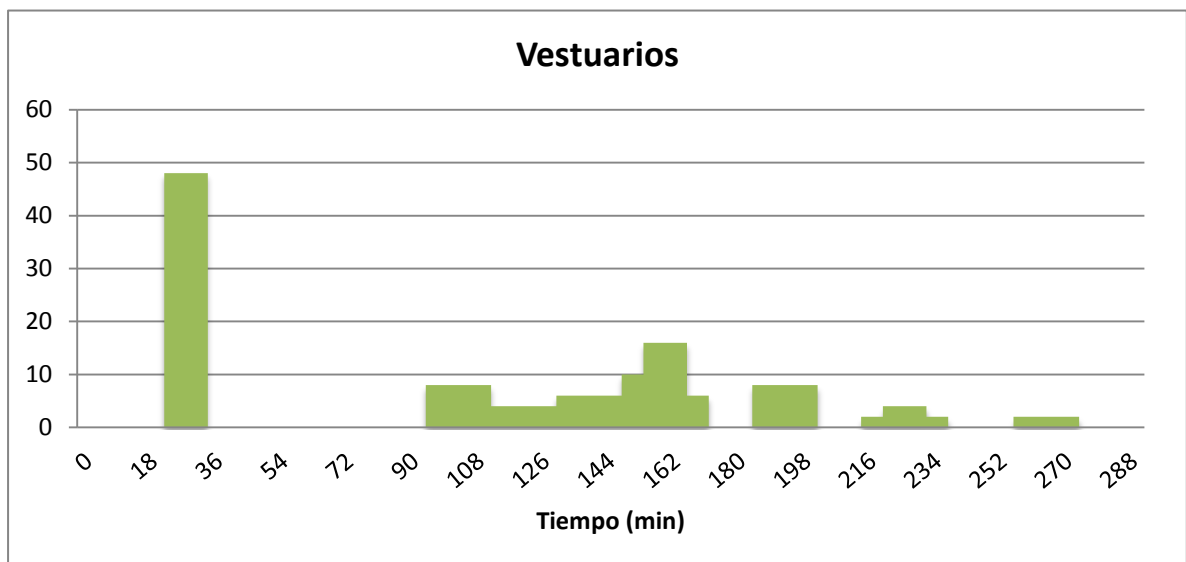


Figura 17. Curva de carga del recurso vestuario en función de los minutos transcurridos desde el inicio

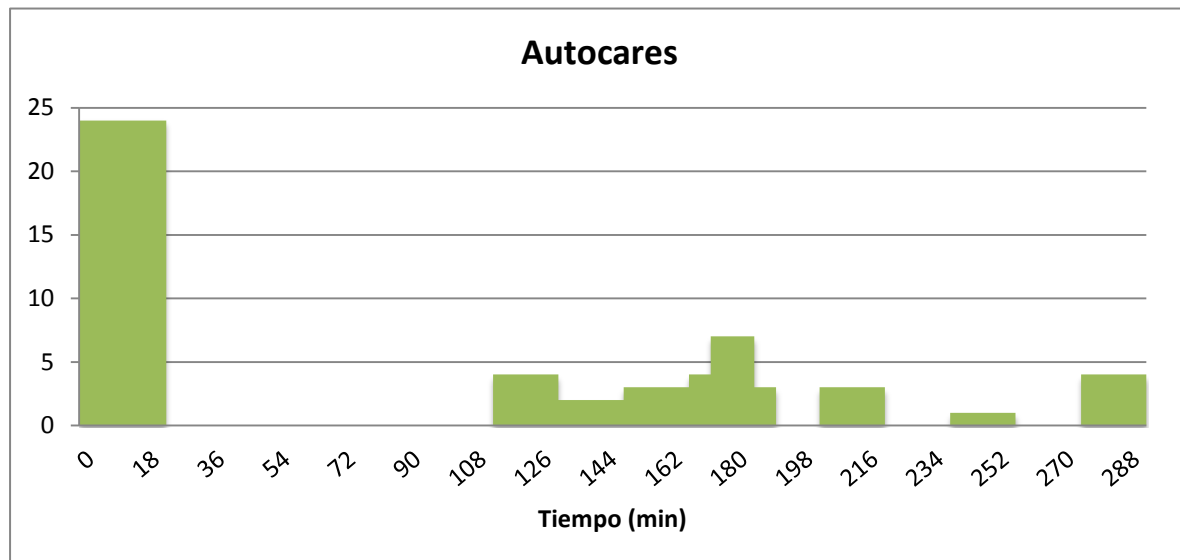


Figura 18. Curva de carga del recurso autocar en función de los minutos transcurridos desde el inicio

Como podemos ver, al no tener limitación en los recursos, esta vez podemos permitirnos utilizar 24 campos, 48 vestuarios y 24 autocares al mismo tiempo, hecho que vuelve a no corresponder con la realidad del club con el que realizamos el torneo.

Volvemos a hacer esta hipótesis para comparar la situación ideal con la situación real con limitación en los recursos.

El siguiente caso de estudio es el de recursos limitados, en el que disponemos de lo siguiente:

- 2 campos donde poder disputar los partidos,
- 6 vestuarios para que los equipos se preparen
- 4 autocares con capacidad para 2 equipos, teniendo en cuenta el número de miembros en cada equipo y,
- 1 comedor con capacidad para 8 equipos, teniendo en cuenta el número de miembros en cada equipo

El hecho de limitar los recursos repercute a la hora de programar los partidos, ya que no podemos realizar tantos partidos a la vez como propone el Grafo ROY.

¿Cómo sabemos qué partidos que se realizan en cada momento?

Para distribuir los partidos en el tiempo y nivelar los recursos seguiremos las mismas reglas de prioridad que hemos detallado en la resolución del caso anterior.

Una vez aplicadas estas reglas nos aparecen unas curvas de carga distintas a las ideales, como era de esperar. Además, también como esperábamos, el torneo se alarga en el tiempo, lo que conlleva una modificación en el diagrama de Gantt y en su fecha final: (Ver figura 18)

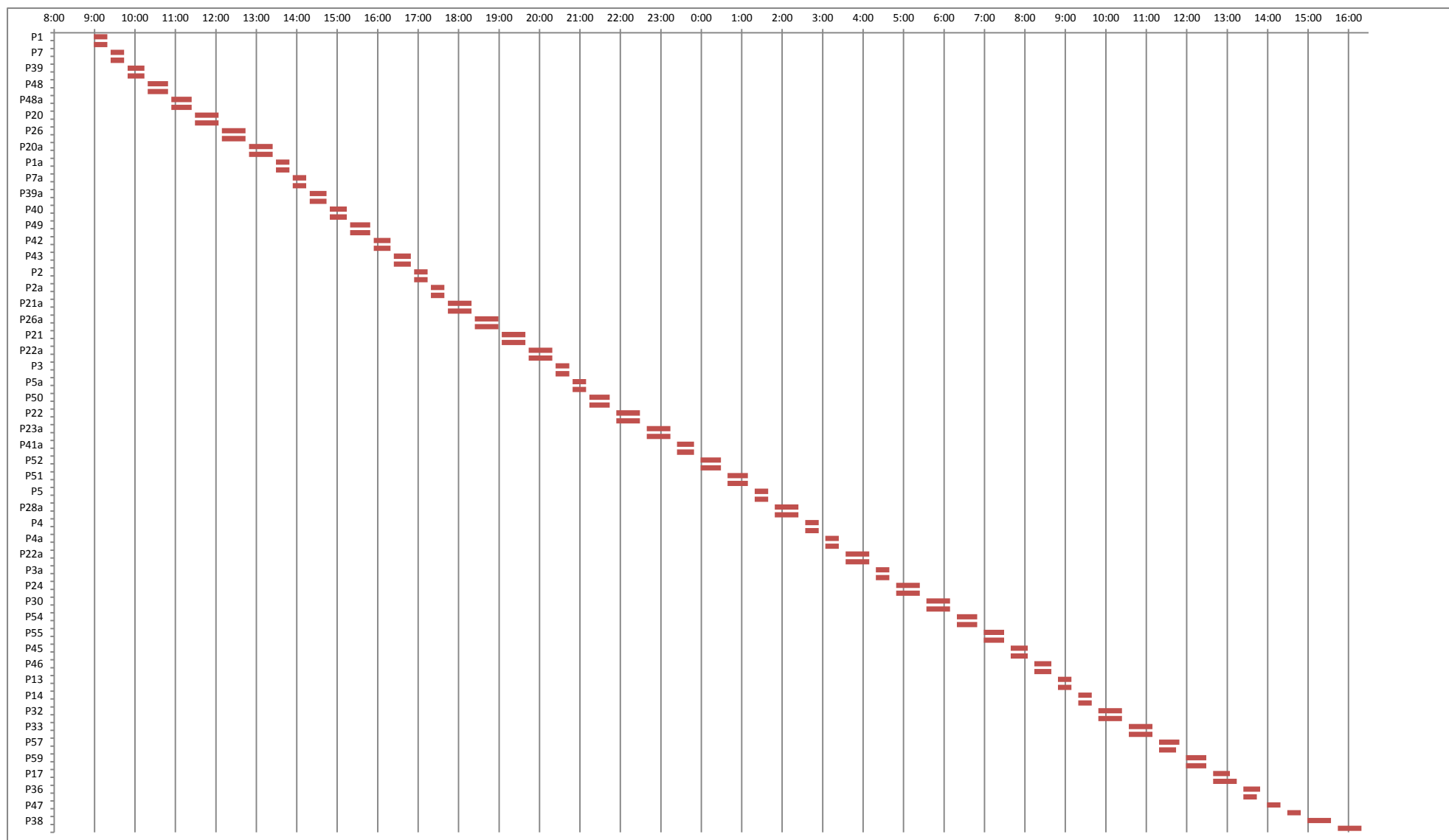


Figura 19. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo con limitación de recursos

Como vemos, la hora final del torneo se ve afectada. Si con recursos ilimitados el torneo finaliza a las 12:05h, con la limitación de recursos y los criterios considerados para organizar los partidos el torneo, éste finaliza a las 16:20h del día siguiente.

Como es lógico, no podemos permitirnos que el torneo se juegue de madrugada y durante tantas horas seguidas, además que los participantes no han comido ni descansado durante su realización.

Esto nos lleva a distribuir los partidos en días distintos en función de los horarios establecidos por la organización: de 8:00h a 22:00h. Igual que antes, representamos un diagrama Gantt para cada día.

- **Día 1:**

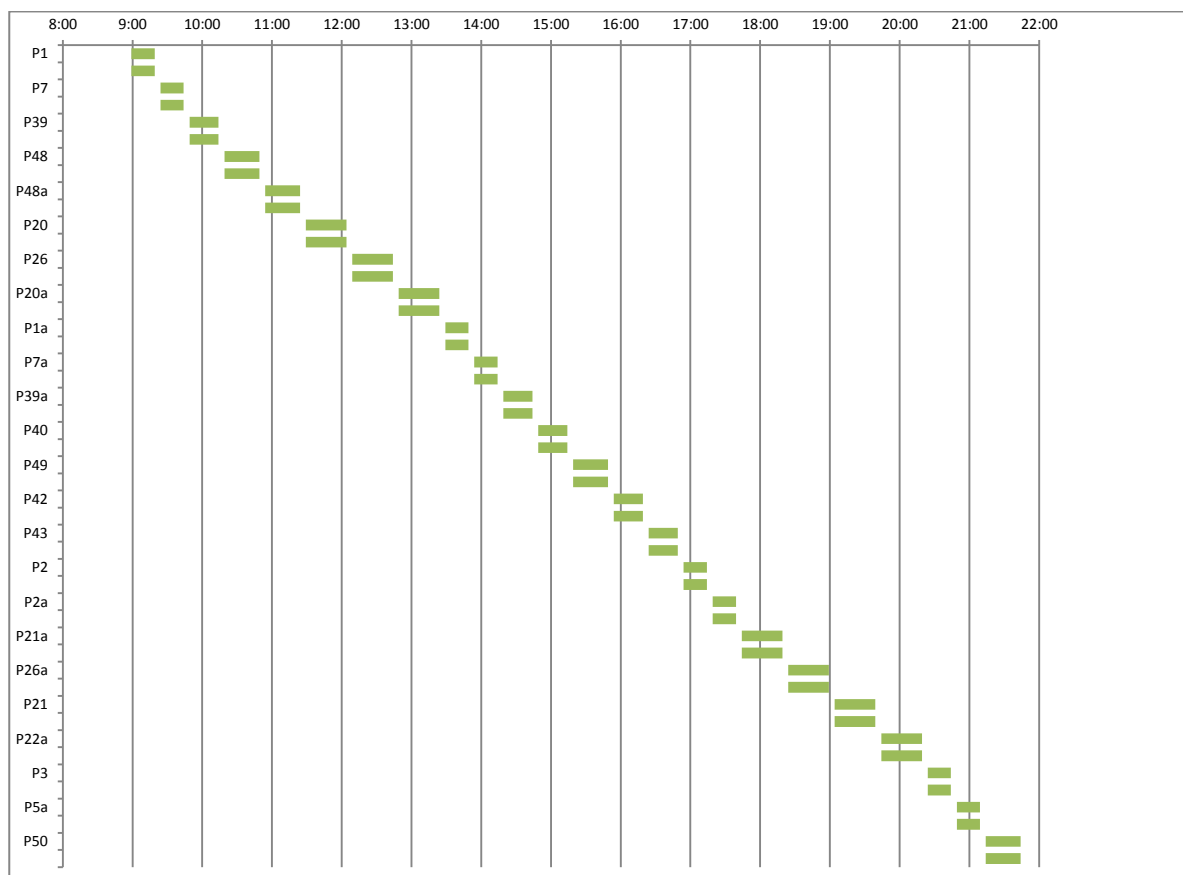


Figura 20. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo con limitación de recursos.

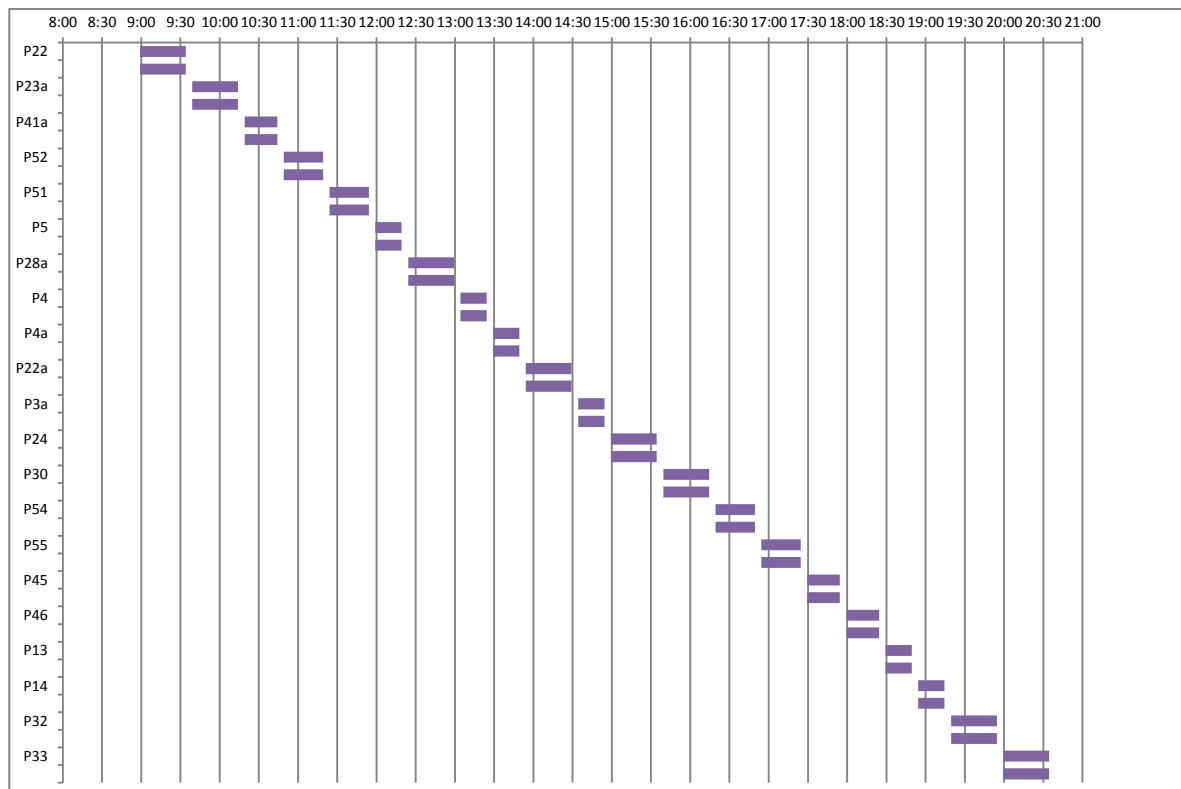
- **Día 2:**

Figura 21. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo con limitación de recursos.

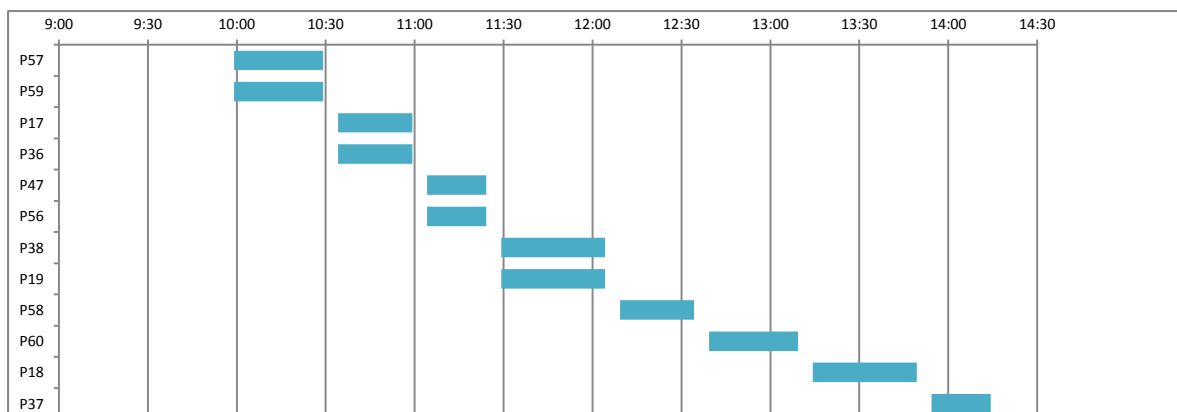
- **Día 3:**

Figura 22. Diagrama de Gantt de los partidos del torneo con limitación de recursos.

Como podemos ver, ahora el torneo finaliza a las 14:20h del tercer día, así que propondremos a la organización del torneo empezar el viernes 2 de junio para finalizar el domingo 4 en vez de finalizar el lunes 5. Así, además, no será necesario prolongar el torneo durante el siguiente fin de semana.

Esta redistribución de los partidos en días provocada por la distribución de los recursos hace que las **curvas de carga** queden modificadas, en comparación con las **curvas ideales**:

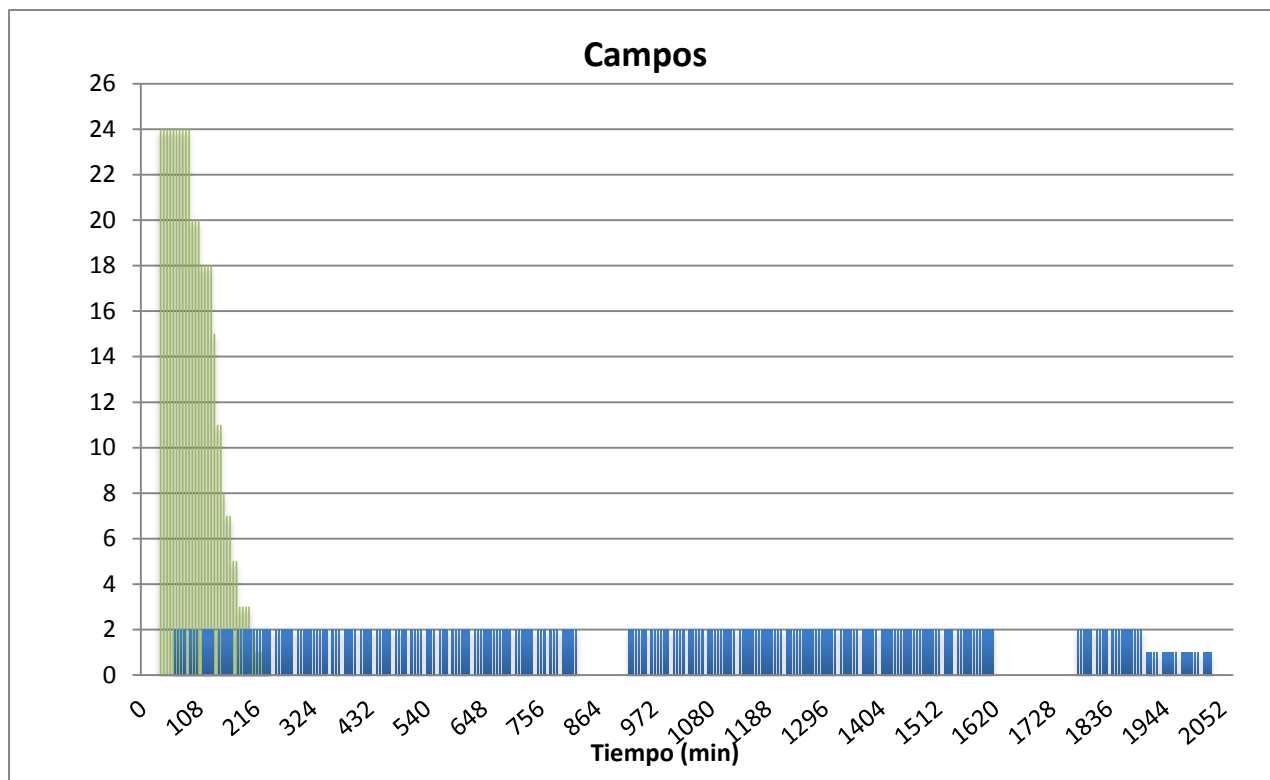


Figura 23. Curvas de carga comparando la situación sin limitación de recursos con la limitada

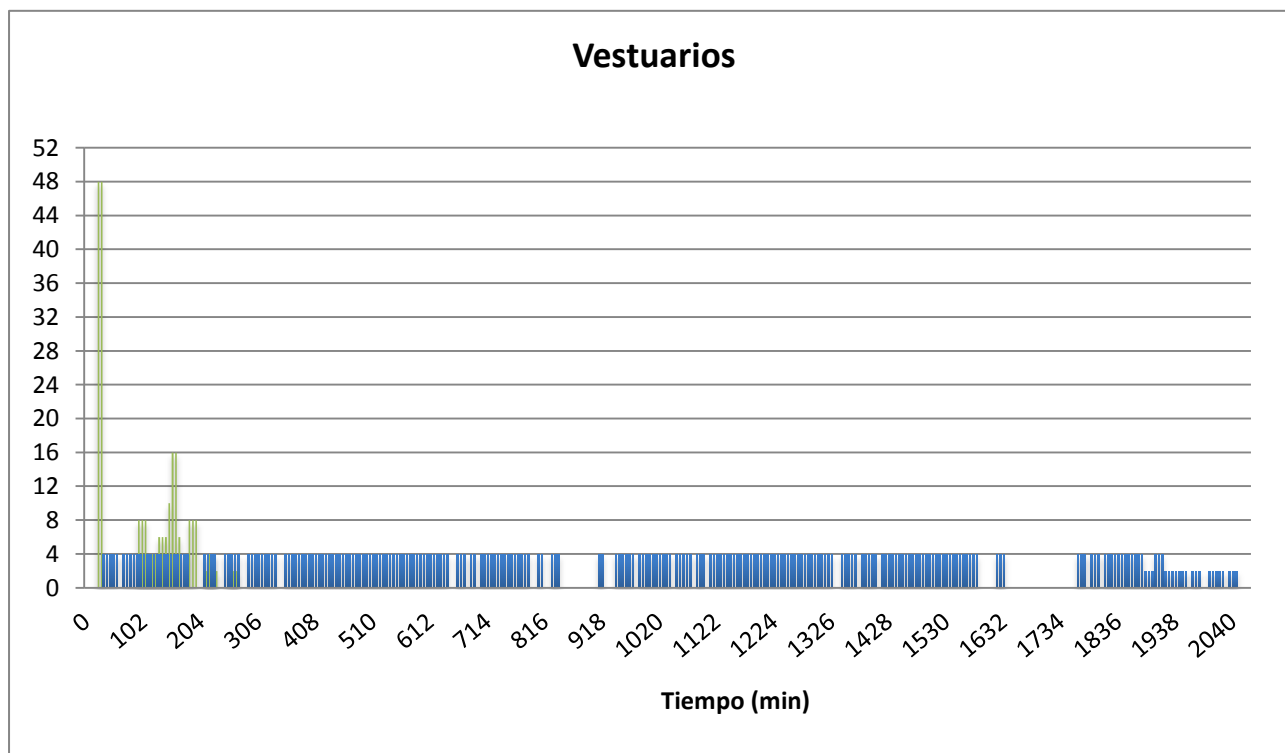


Figura 24. Curvas de carga comparando la situación sin limitación de recursos con la limitada

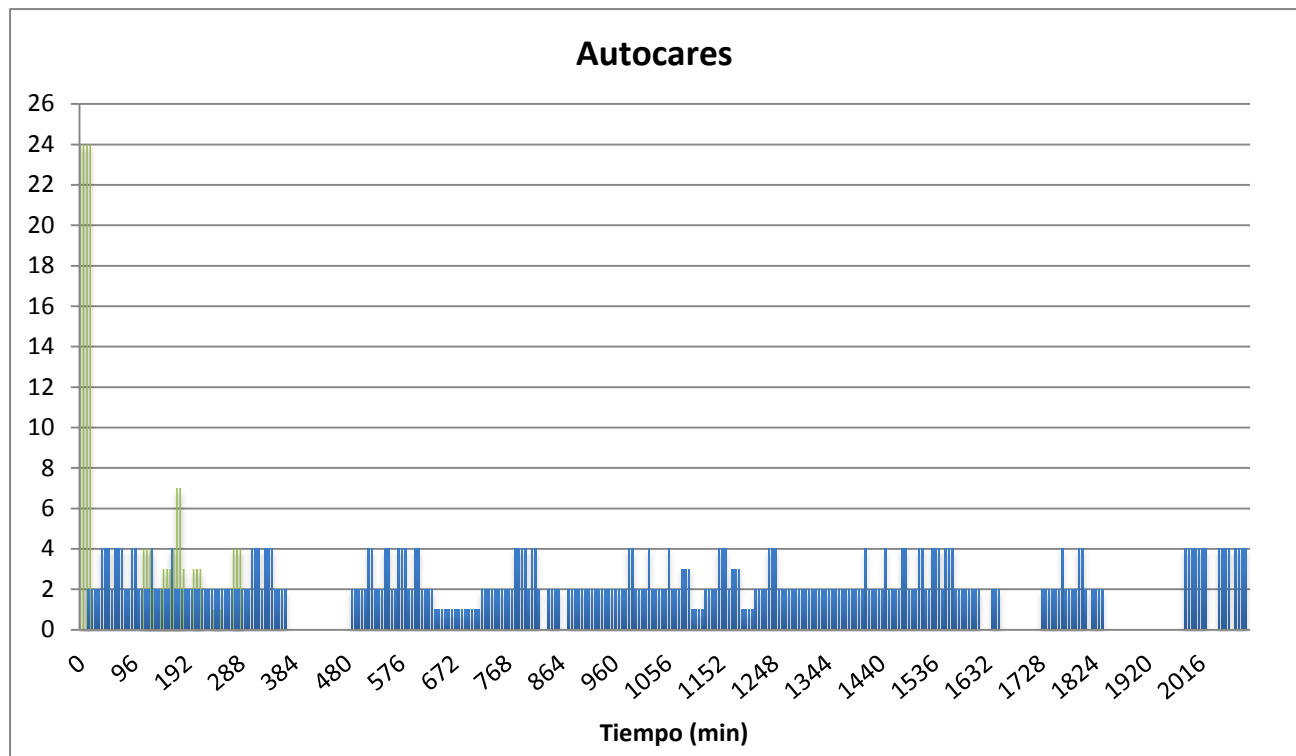


Figura 25. Curvas de carga comparando la situación sin limitación de recursos con la limitada

Como podemos ver en los anteriores diagramas, este torneo también se disputa en las horas de mediodía, por lo tanto también debemos introducir el recurso comedor ya que los jugadores deben alimentarse durante la realización del torneo. Como antes, éste no aparece en el torneo ideal ya que está comprendido en una única mañana.

Además si comparamos este torneo con el anterior resuelto, vemos que aquí se ha conseguido no dejar campos sin utilizar a la hora de la comida, ya que mientras unos equipos comen los otros pueden seguir realizando partidos. Gracias a esto, evitamos que el torneo se alargue no dejando recursos sin utilizar.

Considerando 8 recursos de comedor, ya que en un comedor caben 8 equipos nos aparece la siguiente curva, donde vemos los dos instantes en los que necesitamos el recurso comedor a lo largo del torneo:

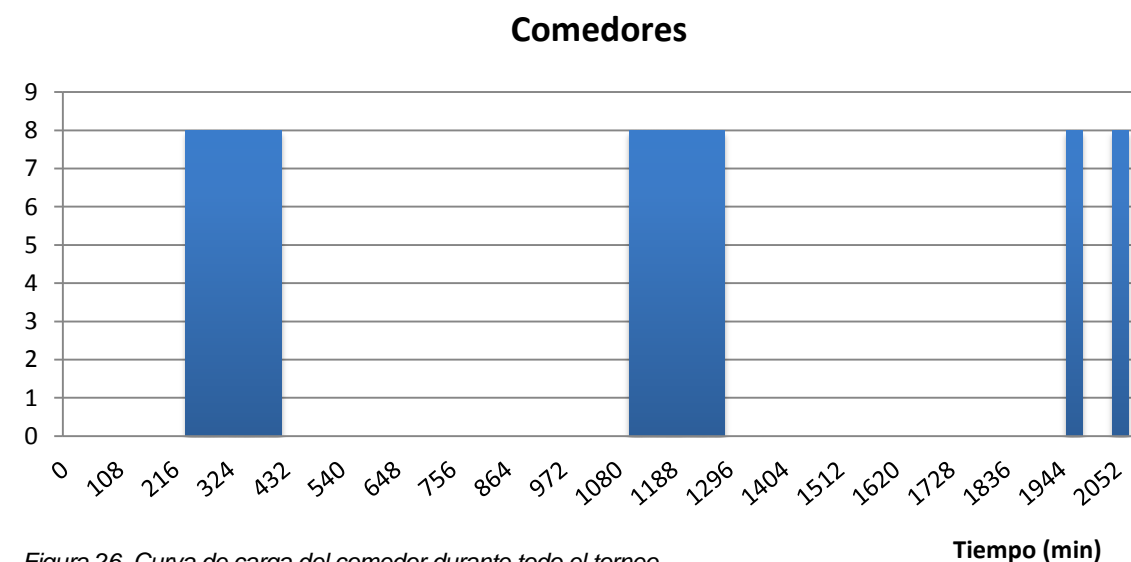


Figura 26. Curva de carga del comedor durante todo el torneo.

Una vez hemos hecho todo el estudio de gráficos y tablas llegamos a la conclusión de la programación del torneo y la cual entregaremos al equipo organizador para que la evalúe:

Inicio del torneo: viernes 2 de junio a las 8:00h

Fin del torneo: domingo 4 de junio a las 14:20h

Equipos participantes: 48 equipos

- 16 equipos Alevín
- 8 equipos Infantil
- 8 equipos Cadete
- 16 equipos Juvenil

Recursos:

- 4 autocares durante 2 días y medio.
- Servicio de Comidas 3 días.
- 2 noches de hotel para 24 equipos.
- 3 noches de hotel para 24 equipos.
- Alquiler de 2 campos durante 2 días y medio.
- Instalaciones con 6 vestuarios.
- Si un árbitro puede arbitrar 4 partidos y se realizan 100 partidos, se necesitan 11 árbitros para 2 días y 3 árbitros para el último día.

7. COSTES

La realización de cualquier proyecto trae consigo la aparición de dos tipos de costes: directos, que provienen de factores directamente imputables a cada tarea (p.ej. campos, autocar, catering...) e indirectos, que son imputables mediante claves de distribución (p.ej. hotel)

Uno de los criterios para determinar el ratio que determina la prioridad de los partidos es escoger aquel orden que acorte la duración del torneo sin incrementar el coste excesivamente. A pesar de todo, preferimos que el torneo se adapte a las fechas marcadas aunque se eleve un poco el coste del torneo. Por ello realizamos el coste de los dos tipos de torneo y se lo entregamos al club organizador para que los evalúe y toma las decisiones oportunas.

TORNEO 1. 24 equipos	
CONCEPTO	IMPORTE
Alquiler de 2 autocares 2 días y medio	1.400,00 €
Albergue para 75 personas. Alojamiento+desayuno+cena	21.600,00 €
Catering. 450 personas	6.750,00 €
Alquiler instalaciones	4.000,00 €
7 árbitros. 12€/h	504,00 €
Remuneración consultoría. 30€/hora	2.700,00 €
SUBTOTAL	36.954,00 €
IVA 21%	9.390,00 €
TOTAL	44.714,34 €

TORNEO 2. 48 equipos	
Alquiler de 4 autocares 2 días y medio	2.520,00 €
Albergue para 75 personas. Alojamiento+desayuno+cena	43.200,00 €
Catering. 900 personas	15.187,50 €
Alquiler instalaciones	4.000,00€
11 árbitros. 12€/h	792,00€
Remuneración consultoría. 30€/hora	2.700,00 €
SUBTOTAL	68.399,00 €
IVA 21%	17.380,20 €
TOTAL	82.762,79 €

8. CONCLUSIONES

La planificación, programación y control de proyectos ha tenido y seguirá teniendo una importancia crítica, yendo en aumento el tamaño y la complejidad de los mismos y estando presentes en un amplio abanico de organizaciones. La dificultad de una correcta gestión es obvia ya que, aunque existan posibles similitudes entre proyectos pasados que proporcionan un punto de partida y unas ideas para su realización, las diferencias siempre implican una elevada complejidad en el mismo. Aunque pueda haber una cierta tendencia a creer que los proyectos tienen un único objetivo, hemos comprobado, en este estudio, que las metas a considerar son múltiples. No solamente hemos programado un torneo de fútbol, sino que hemos tenido que programar un torneo de fútbol en el cual teníamos un número limitado de campos donde poder practicar, un número limitado de autocares, el cual depende del presupuesto disponible, unos vestuarios con espacio limitado, entre otros. Entre estas limitaciones existe una clara interacción que ha dificultado la gestión, pues hemos tenido que encontrar un adecuado equilibrio entre ellas.

En este proyecto hemos visto cómo, partiendo de un listado de tareas, hemos llegado a una solución final que nos indica cómo y cuándo realizar cada partido, además de los instantes en que debemos utilizar cada recurso. Para ello hemos seguido unos pasos que nos han llevado al resultado final, mediante el uso de herramientas gráficas que nos han permitido visualizar de qué manera actuar en cada momento.

Además, hemos comprobado como una situación, programar un torneo de fútbol, que se basa en la experiencia de la persona que lo planifica, puede ser realizado mediante una formulación matemática y unos algoritmos que permiten llegar al mismo final. Queda por ver cuál de las situaciones es la que permite realizar un torneo más equilibrado en cuanto a duración y participación de los equipos. Esto solo se puede comprobar mediante su aplicación.

Una resolución que falta por hacer es aquella que se resuelve mediante la computación. Hemos visto maneras gráficas de resolver este proyecto, pero no hemos podido entrar en la resolución mediante programación y simulación, la cual permite trabajar con un mayor número de tareas y condiciones, a partir del cual se podría obtener un modelo genérico para resolver cualquier situación parecida. Esta tarea queda pendiente para un futuro estudio.

El proyecto que hemos realizado se centra en dos situaciones concretas, sin obtener una solución genérica ni comparar con otras situaciones distintas, como por ejemplo hacer un torneo de otro deporte y ver si la metodología puede ser aplicada de la misma manera.

Agradecimientos

Quiero agradecer el apoyo y la ayuda recibidos por parte de mi madre, mi hermano y mi pareja en la redacción y consecución de este trabajo, sobre todo por sus ideas y por las correcciones que han hecho en él para una mejor redacción. También quiero mencionar a mi padre, quien ya no se encuentra con nosotros, pero a quien, seguramente, le hubiera gustado leer este trabajo, e incluso participar en él.

Por supuesto,, quiero darle las gracias a mi tutor, el profesor Joaquin Bautista por diversas cosas. Primero de todo, por ofrecerse a ser mi tutor en este trabajo. Segundo, por la paciencia que ha tenido conmigo al no poder realizar el trabajo que habíamos pensado inicialmente y por cambiar el objetivo del trabajo a falta de un mes para la entrega y, tercero, por toda la información, ayuda, soporte y autores que me ha facilitado para documentarme acerca de la disciplina en la que se centra mi trabajo.

Por último, agradecer a los entrenadores del RCD Espanyol Sergi Gras, Pablo López, Marcos López, Marc Olivet y Marc Pascual por su asesoramiento, ayuda y consejos a la hora de realizar y evaluar los torneos que se han presentado en este trabajo.

Bibliografía

- Kolisch, Rainer; Hartmann, Sönke, 1999. "Heuristic Algorithms for Solving the Resource-Constrained Project Scheduling Problem: Classification and Computational Analysis". *Project scheduling: Recent models, algorithms and applications*, 147–178
- Hartmann, Sönke, 1998. "A Competitive Genetic Algorithm for Resource-Constrained Project Scheduling". *Naval Research Logistics* 45:733-750.
- Möhring, Rolf H.; Pesch, Erwin. 1999. *Resource-constrained Project scheduling: Notation, classification, models and methods*. Alemania. Springer. ISBN 978-3-540-69515-8
- Domínguez Machuca, José A, 1995. *Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. Madrid. McGraw-Hill. ISBN 84-481-1803-0.
- Miranda, J.; Rubio, S.; Chamorro, A.; Bañegil, T., 2005. *Manual de dirección de operaciones*. Madrid. Thomson Editores. ISBN 84-9732-258-4.
- Joaquín Bautista, Rocío Alfaro, 2016, Organización Industrial. "Proyectos singulares I", OPE-PROTHIUS – OPE-MSc.2016/41.
- Bautista, Joaquín; Alfaro, Rocío. 2016, Organización Industrial. "Proyectos singulares II", OPE-PROTHIUS – OPE-MSc.2016/42
- Bautista, Joaquín; Pereira, Jordi, 2002. "Ant Colonies for the RCPSP Problem".
- Taha, Hamdy A., 2012. *Investigación de operaciones* 9ª edición. México. Pearson. ISBN 9780132555937
- Bautista, J; Llovera, Javier; 2015. "Organización de la producción: una perspectiva histórica. Un discurso de ingreso en la Reial Acadèmia de Doctors".
- Bautista, J.; Mateo, M.; Lusa, A.; Pastor, R. 1999. Conferencia. "Application of genetic algorithms to assembly sequence planning with limited resources".
- Corominas, Albert; Lusa, Amaia. 2016. *Scheduling: Problemes i tècniques. Una Introducció*. OmniaScience. ISBN: 978-84-945603-2-3.
- Corrons, F.; Lusa, A., 1997, "Aplicació d'algorismes GRASP i genètics al problema de gestió de projectes amb lligadures acumulatives." Proyecto final de carrera, Universitat Politècnica de Catalunya.
- Parent, Milena. 2010. "Decision Making in Major Sport Events Over Time: Parameters, Drivers, and Strategies". *Journal of Sport Management*.

Magaz-Gonzalez, A. M.; Fanjul-Suárez, J.L. 2009. "Organización de eventos deportivos y gestión de proyectos: Factores, fases y áreas". Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte 138-169.

Galvis, Federico; 2013. Tipos de eventos, definiciones. <https://federicogalvis.wordpress.com/ /tipos-de-eventos-definiciones>

ANNEXOS

Programación detallada del torneo 1.

GRUPOS:

ALEVÍ

GRUP 1	GRUP 2
AL 1	AL 5
AL 2	AL 6
AL 3	AL 7
AL 4	AL 8

INFANTIL

GRUP 1
IF 1
IF 2
IF 3
IF 4

CADET

GRUP 1
CD 1
CD 2
CD 3
CD 4

JUVENIL

GRUP 1	GRUP 2
JV 1	JV 5
JV 2	JV 6
JV 3	JV 7
JV 4	JV 8

CALENDARIO:**Día 1****CAMPO 1**

HORA	TAREA	LOCAL	VISITANT	RESULTAT
9:00h – 9:20h	P1	A1	A2	-
9:30h – 9:50h	P2	A1	A3	-
10:00h – 10:20h	P5	A1	A4	-
10:30h – 10:50h	P7	A5	A6	-
11:00h – 11:20h	P8	A5	A7	-
11:30h – 11:50h	P11	A5	A8	-
12:30h – 12:55h	P39	I1	I2	-
13:05h – 13:30h	P43	I1	I4	-
13:40h – 14:05h	P40	I1	I3	-

HORA	TAREA	LOCAL	VISITANT	RESULTAT
16:00h – 16:30h	P48	C1	C2	-
16:40h – 17:10h	P52	C1	C4	-
17:20h – 17:50h	P49	C1	C3	-
18:30h – 19:05h	P20	J1	J2	-
19:15h – 19:50h	P26	J5	J6	-
19:55h – 20:30h	P21	J1	J3	-

VESTUARIOS:

Hora	V1	V2	V3	V4
8:45h – 9:00h	A1	A2	A3	A4
10:15h – 10:30h	A5	A6	A7	A8
10:30h – 10:45h	A1	A2	A3	A4
11:50h – 12:05h	A5	A6	A7	A8
12:15h – 12:30h	I1	I2	I3	I4
14:05h – 14:20h	I1	I2	I3	I4
15:45h – 16:00h	C1	C2	C3	C4
17:50h – 18:05h	C1	C2	C3	C4
18:15h – 18:30h	J1	J2	J3	J4
19:00h – 19:15h	J5	J6	J7	J8
19:45h – 20:00h	J5	J6	J7	J8
20:05h – 20:20h	J1	J2	J3	J4

TURNOS PARA COMER

Hora	C1	C2	C3	C4	C5	C6
13:00h – 13:30h	A1	A2	A3	A4	A5	A6
13:30h – 14:00h	A7	A8	C1	C2	C3	C4
14:00h – 14:30h	I1	I2	I3	I4	J1	J2
14:30h – 15:00h	J3	J4	J5	J6	J7	J8

CAMPO 2

HORA	TAREA	LOCAL	VISITANT	RESULTAT
9:00h – 9:20h	P6	A3	A4	-
9:30h – 9:50h	P3	A2	A4	-
10:00h – 10:20h	P4	A2	A3	-
10:30h – 10:50h	P12	A7	A8	-
11:00h – 11:20h	P9	A6	A8	-
11:30h – 11:50h	P10	A6	A7	-
12:30h – 12:55h	P44	I3	I4	-
13:05h – 13:30h	P42	I3	I2	-
13:40h – 14:05h	P41	I2	I4	-

HORA	TAREA	LOCAL	VISITANT	RESULTAT
16:00h – 16:30h	P53	C3	C4	-
16:40h – 17:10h	P51	C3	C2	-
17:20h – 17:50h	P50	C2	C4	-
18:30h – 19:05h	P25	J3	J4	-
19:15h – 19:45h	P31	J7	J8	-
19:55h – 20:30h	P22	J2	J4	-

DISTRIBUCIÓN AUTOCARES:

BUS 1	EQUIPOS
8:00h – 8:20h	A1 / A2 / A3 / A4
8:20h – 8:40h	Desplazamiento
11:30h – 11:50h	I1 / I2 / I3 / I4
11:50h – 12:10h	Desplazamiento
13:30h – 13:50h	J1 / J2 / J3 / J4
13:50h – 14:10h	A1 / A2 / A3 / A4
14:10h - 14:30h	Desplazamiento
14:40h – 15:00h	I1 / I2 / I3 / I4
19:50h – 20:10h	Desplazamiento
20:10h – 20:30h	J5 / J6 / J7 / J8

BUS 2	EQUIPOS
9:30h – 9:50h	A5 / A6 / A7 / A8
9:50h – 10:10h	Desplazamiento
11:30h – 11:50h	C1 / C2 / C3 / C4
11:50h – 12:10h	Desplazamiento
13:30h – 13:50h	J5 / J6 / J7 / J8
13:50h – 14:10h	A5 / A6 / A7 / A8
17:55h – 18:15h	Desplazamiento
18:15h – 18:35h	C1 / C2 / C3 / C4
20:35h – 20:55h	Desplazamiento
20:55h – 21:15h	J1 / J2 / J3 / J4

Día 2**CAMPO 1**

HORA	TAREA	LOCAL	VISITANT	RESULTAT
10:00h – 10:35h	P27	J5	J7	-
10:45h – 11:20h	P24	J1	J4	-
11:30h – 12:05h	P30	J5	J8	-
12:45h – 13:05h	P13	1G1	4G2	-
13:10h – 13:30h	P15	3G2	2G1	-

HORA	TAREA	LOCAL	VISITANT	RESULTAT
16:00h – 16:20h	P17	GC1	GC2	-
17:00h – 17:25h	P45	1	4	-
17:35h – 18:15h	P54	1	4	-
18:45h – 19:20h	P32	1G1	4G2	-
19:30h – 20:05h	P34	3G2	2G1	-

CAMPO 2

HORA	TAREA	LOCAL	VISITANT	RESULTAT
10:00h – 10:35h	P28	J6	J8	-
10:45h – 11:20h	P23	J2	J3	-
11:30h – 12:05h	P29	J6	J7	-
12:45h – 13:05h	P14	2G2	3G1	-
13:10h – 13:30h	P16	1G2	4G1	-

HORA	TAREA	LOCAL	VISITANT	RESULTAT
16:00h – 16:20h	P18	GC3	GC4	-
17:00h – 17:25h	P46	2	3	-
17:35h – 18:15h	P55	3	2	-
18:45h – 19:20h	P33	2G2	3G1	-
19:30h – 20:05h	P35	1G2	4G1	-

VESTUARIOS:

Hora	V1	V2	V3	V4
9:45h – 10:00h	J5	J6	J7	J8
10:30h – 10:45h	J1	J2	J3	J4
11:30h – 11:45h	J1	J2	J3	J4
12:05h – 12:20h	J5	J6	J7	J8
12:30h – 12:45h	A	A	A	A
12:55h – 13:10h	A	A	A	A
13:30h – 13:45h	A	A	A	A
15:45h – 16:00h	A	A	A	A
16:20h – 16:35h	A	A	A	A
16:45h – 17:00h	I1	I2	I3	I4
17:20h – 17:35h	C1	C2	C3	C4
17:35h – 17:50h	I1	I2	I3	I4
18:15h – 18:30h	C1	C2	C3	C4
18:30h – 18:45h	J	J	J	J
19:15h – 19:30h	J	J	J	J
19:30h – 19:45h	J	J	J	J
20:05h – 20:20h	J	J	J	J

DISTRIBUCIÓN COMEDOR:

Hora	C1	C2	C3	C4	C5	C6
13:00h – 13:30h	J1	J2	J3	J4	J5	J6
13:30h – 14:00h	J7	J8	A	A	A	A
14:00h – 14:30h	A	A	A	-	-	-
14:30h – 15:00h	-	-	-	-	-	-

DISTRIBUCIÓN AUTOCARES:

BUS 1	EQUIPOS
9:00h – 9:20h	J5 / J6 / J7 / J8
9:20h – 9:40h	Desplazamiento
11:30h – 11:50h	ALEVINES
15:40h – 16:00h	Desplazamiento
16:00h – 16:20h	I1 / I2 / I3 / I4
17:00h – 17:20h	A1 / A2 / A3 / A4
17:20h - 17:40h	Desplazamiento
17:50h – 18:10h	I1 / I2 / I3 / I4
18:10h – 18:30h	Desplazamiento
19:45h – 20:05h	JUVENILES

BUS 2	EQUIPOS
9:45h – 10:05h	J1 / J2 / J3 / J4
11:40h – 12:00h	Desplazamiento
12:00h – 12:20h	ALEVINES
16:15h – 16:35h	Desplazamiento
16:35h – 16:55h	C1 / C2 / C3 / C4
17:00h – 17:20h	A5 / A6 / A7 / A8
17:20h - 17:40h	Desplazamiento
18:40h – 19:00h	C1 / C2 / C3 / C4
19:00h – 19:20h	Desplazamiento
20:20h – 20:40h	JUVENILES

Día 3**CAMPO 1**

HORA	TAREA	LOCAL	VISITANT	RESULTAT
10:00h – 10:35h	P36	GJ1	GJ2	-
11:00h – 11:20h	P19	A	A	-
11:35h – 12:00h	P47	I	I	-
12:15h – 12:45h	P56	C	C	-
13:00h – 13:35h	P38	J	J	

CAMPO 2

HORA	TAREA	LOCAL	VISITANT	RESULTAT
10:00h – 10:35h	P37	GJ3	GJ4	-

Hora	V1	V2	V3	V4
9:45h – 10:00h	J	J	J	J
10:45h – 11:00h	A	A	-	-
11:00h – 11:15h	J	J	J	J
11:20h – 11:35h	I	I	-	-
11:35h – 11:50h	A	A	-	-
12:00h – 12:15h	C	C	-	-
12:15h – 12:30h	I	I	-	-
12:45h – 13:00h	J	J	-	-
13:00h – 13:15h	C	C	-	-
13:40h – 13:55h	J	J	-	-

DISTRIBUCIÓN COMEDOR:

Hora	C1	C2	C3	C4	C5	C6
13:00h – 13:30h	-	-	-	-	-	-
13:30h – 14:00h	-	-	-	-	-	-
14:00h – 14:30h	-	-	-	-	-	-
14:30h – 15:00h	-	-	-	-	-	-

DISTRIBUCIÓN AUTOCARES:

BUS 1	EQUIPOS
9:00h – 9:20h	JUVENILES
9:20h – 9:40h	Desplazamiento
9:40h – 10:00h	ALEVINES / INF
10:35h – 10:55h	Desplazamiento
10:55h – 11:15h	CAD / JUV
14:05h – 14:25h	ALEV + INF
14:25h – 14:45h	Desplazamiento
14:45h – 15:00h	JUVENILES + CAD

BUS 2	EQUIPOS
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Programación detallada del torneo 2.**GRUPOS****ALEVÍN**

GRUP 1	GRUP 2	GRUP 3	GRUP 4
A 1	A 5	A 9	A 13
A 2	A 6	A 10	A 14
A 3	A 7	A 11	A 15
A 4	A 8	A 12	A 16

INFANTIL

GRUP 1	GRUP 2
I 1	I 5
I 2	I 6
I 3	I 7
I 4	I 8

CADETE

GRUP 1	GRUP 2
C 1	C 5
C 2	C 6
C 3	C 7
C 4	C 8

JUVENIL

GRUP 1	GRUP 2	GRUP 3	GRUP 4
J 1	J 5	J 9	J 13
J 2	J 6	J 10	J 14
J 3	J 7	J 11	J 15
J 4	J 8	J 12	J 16

CALENDARIO**DÍA 1****CAMPO 1**

HORA	TAREA	LOCAL	VISITANTE	RESULTADO
9:00 – 9:20	P1	A 1	A 2	-
9:25 – 9:45	P7	A 5	A 6	-
9:50 – 10:15	P39	I 1	I 2	-
10:20 – 10:50	P48	C 1	C 2	-
10:55 – 11:25	P48a	C 5	C 6	-
11:30 – 12:05	P20	J 1	J 2	-
12:10 – 12:45	P26	J 5	J 6	-
12:50 – 13:25	P20a	J 9	J 10	-
13:30 – 13:50	P1a	A 9	A 10	-
13:55 – 14:15	P7a	A 13	A 14	-
14:20 – 14:45	P39a	I 5	I 6	-
14:50 – 15:15	P40	I 1	I 3	-
15:20 – 15:50	P49	C 1	C 3	-
15:55 – 16:20	P42	I 2	I 3	-
16:25 – 16:50	P43	I 1	I 4	-
16:55 – 17:15	P2	A 1	A 3	-
17:20 – 17:40	P2a	A 9	A 11	-
17:45 – 18:20	P21a	J 9	J 11	-
18:25 – 19:00	P26a	J 13	J 14	-
19:05 – 19:40	P21	J 1	J 3	-

HORA	TAREA	LOCAL	VISITANTE	RESULTADO
19:45 – 20:20	P22a	J 9	J 12	-
20:25 – 20:45	P3	A 2	A 4	-
20:50 – 21:10	P5a	A 10	A 12	-
21:15 – 21:45	P50	C 2	C 4	-

CAMP 2

HORA	TAREA	LOCAL	VISITANTE	RESULTADO
9:00 – 9:20	P6	A 3	A 4	-
9:25 – 9:45	P12	A 7	A 8	-
9:50 – 10:15	P44	I 3	I 4	-
10:20 – 10:50	P53	C 3	C 4	-
10:55 – 11:25	P53a	C 7	C 8	-
11:30 – 12:05	P25	J 3	J 4	-
12:10 – 12:45	P31	J 7	J 8	-
12:50 – 13:25	P25a	J 11	J 12	-
13:30 – 13:50	P6a	A 11	A 12	-
13:55 – 14:15	P12a	A 15	A 16	-
14:20 – 14:45	P44a	I 7	I 8	-
14:50 – 15:15	P41	I 2	I 4	-
15:20 – 15:50	P49a	C 5	C 7	-
15:55 – 16:20	P40a	I 5	I 7	-
16:25 – 16:50	P43a	I 6	I 8	-

HORA	TAREA	LOCAL	VISITANTE	RESULTADO
16:55 – 17:15	P8	A 5	A 7	-
17:20 – 17:40	P8a	A 13	A 15	-
17:45 – 18:20	P24a	J 10	J 12	-
18:25 – 19:00	P31a	J 15	J 16	-
19:05 – 19:40	P27	J 5	J 7	-
19:45 – 20:20	P27a	J 13	J 15	-
20:25 – 20:45	P9	A 6	A 8	-
20:50 – 21:10	P11a	A 14	A 16	-
21:15 – 21:45	P52a	C 6	C 8	-

DISTRIBUCIÓN AUTOCARES

DÍA 1 IDA

BUS	HORA SALIDA HOTEL	HORA LLEGADA CAMPO	EQUIPOS
BUS 1	8:10	8:30	A1/A3
BUS 2	8:10	8:30	A2/A4
BUS 3	8:35	8:55	A5/A7
BUS 4	8:35	8:55	A6/A8
BUS 1	9:00	9:20	I1/I3
BUS 2	9:00	9:20	I2/I4
BUS 3	9:30	9:50	C1/C3
BUS 4	9:30	9:50	C2/C4
BUS 1	10:05	10:25	C5/C7

BUS	HORA SALIDA HOTEL	HORA LLEGADA CAMPO	EQUIPOS
BUS 2	10:05	10:25	C6/C8
BUS 3	10:40	11:00	J1/J3
BUS 4	10:40	11:00	J2/J4
BUS 1	11:20	11:40	J7/J5
BUS 2	11:20	11:40	J6/J8
BUS 3	12:00	12:20	J9/J11
BUS 4	12:00	12:20	J10/J12
BUS 1	12:40	13:00	A9/A11
BUS 2	12:40	13:00	A10/A12
BUS 3	13:05	13:25	A13/A15
BUS 4	13:05	13:25	A14/A16
BUS 1	13:30	13:50	I5/I7
BUS 2	13:30	13:50	I6/I8
BUS 3	13:50	14:10	J13/J15
BUS 4	13:50	14:10	J14/J16

DÍA 1 VUELTA

BUS	HORA SALIDA CAMPO	HORA LLEGADA HOTEL	EQUIPOS
BUS 1	13:00	13:20	J2/J6
BUS 2	13:00	13:20	J4/J8
BUS 3	16:05	16:25	C1/C5
BUS 4	16:05	16:25	C3/C7
BUS 1	16:35	16:55	I2/I5
BUS 2	16:35	16:55	I3/I7
BUS 3	17:05	17:25	I1/I6
BUS 4	17:05	17:25	I4/I8
BUS 1	17:30	17:50	A1/A7
BUS 2	17:30	17:50	A3/A5
BUS 3	17:55	18:15	A9/A13
BUS 4	17:55	18:15	A11/A15
BUS 1	18:35	18:55	J10/J11
BUS 2	19:15	19:35	J14/J16
BUS 3	19:55	20:15	J1/J5
BUS 4	19:55	20:15	J3/J7
BUS 1	20:35	20:55	J9/J15
BUS 2	20:35	20:55	J12/J13
BUS 3	21:00	21:20	A2/A6
BUS 4	21:00	21:20	A4/A8
BUS 1	21:25	21:45	A10/A14

BUS	HORA SALIDA CAMPO	HORA LLEGADA HOTEL	EQUIPOS
BUS 2	21:25	21:45	A12/A16
BUS 3	22:00	22:20	C2/C6
BUS 4	22:00	22:20	C4/C8

DIA 1 DISTRIBUCIÓN COMEDOR

Hora	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
12:00h – 12:30h	A9	A10	A11	A12	J9	J10	J11	J12
12:30h – 13:00h	J2	J6	J4	J8	C6	C8	J3	J1
13:00h – 13:30h	C1	C5	C3	C7	A5	A7	A2	J5
13:30h – 14:00h	I2	I3	I7	I5	A1	A3	A6	A8
14:00h – 14:30h	A2	A4	I1	I4	I6	C2	C4	J7
14:30h – 15:00h	J13	J15	J14	J16	A13	A14	A15	A16

DIA 1 VESTUARIOS**V1** → Alevines i juveniles**V2**→ Alevines i juveniles**V3** → Cadetes**V4** →Cadetes**V5** → Infantiles**V6** →Infantiles

DÍA 2**CAMPO 1**

HORA	TAREA	LOCAL	VISITANTE	RESULTADO
9:00 – 9:35	P22	J 2	J 4	-
9:40 – 10:15	P23a	J 10	J 11	-
10:20 – 10:45	P41a	I 5	I 8	-
10:50 – 11:20	P52	C 1	C 4	-
11:25 – 11:55	P51	C 2	C 3	-
12:00 – 12:20	P5	A 1	A 4	-
12:25 – 13:00	P28a	J 13	J 16	-
13:05 – 13:25	P4	A 2	A 3	-
13:30 – 13:50	P4a	A 10	A 11	-
13:55 – 14:30	P22a	J 9	J 12	-
14:35 – 14:55	P3a	A 9	A 12	-
15:00 – 15:35	P24	J 1	J 4	-
15:40 – 16:15	P30	J 5	J 8	-
16:20 – 16:50 (1)	P54	C) 1;1	4;2	-
16:55 – 17:25 (3)	P55	C) 1;2	4;1	-
17:30 – 17:55 (5)	P45	Inf) 1;1	4;2	-
18:00 – 18:25 (7)	P46	Inf) 1;2	4;1	-
18:30 – 18:50 (9)	P13	AL) 1;1	2;3	-
18:55 – 19: 15 (11)	P14	AL) 1;2	2;4	-
19:20 – 19:55 (13)	P32	JUV) 1;1	2;3	-
20:00 – 20:35 (15)	P33	JUV) 1;2	2;4	-

CAMPO 2

HORA	TAREA	LOCAL	VISITANTE	RESULTADO
9:00 – 9:35	P28	J 6	J 8	-
9:40 – 10:15	P30a	J 14	J 16	-
10:20 – 10:45	P42a	I 6	I 7	-
10:50 – 11:20	P51a	C 6	C 7	-
11:25 – 11:55	P50a	C 5	C 8	-
12:00 – 12:20	P11	A 5	A 8	-
12:25 – 13:00	P29a	J 14	J 15	-
13:05 – 13:25	P10	A 6	A 7	-
13:30 – 13:50	P10a	A 14	A 15	-
13:55 – 14:30	P23a	J 10	J 11	-
14:35 – 14:55	P9a	A 13	A 16	-
15:00 – 15:35	P23	J 2	J 3	-
15:40 – 16:15	P29	J 6	J 7	-
16:20 – 16:50 (2)	P54a	C) 2;1	3;2	-
16:55 – 17:25 (4)	P55	C) 2;2	3;1	-
17:30 – 17:55 (6)	P45A	Inf) 2;1	3;2	-
18:00 – 18:25 (8)	P46a	Inf) 2;2	3;1	-
18:30 – 18:50 (10)	P15	AL) 2;1	1;3	-
18:55 – 19: 15 (12)	P16	AL) 2;2	1;4	-
19:20 – 19:55 (14)	P34	JUV) 2;1	1;3	-
20:00 – 20:35 (16)	P35	JUV) 2;2	1;4	-

DÍA 3**CAMPO 1**

HORA	TAREA	LOCAL	VISITANTE	RESULTADO
10:00 – 10: 30 (17)	P57	G 1	G 4	-
10:35 – 11:00 (19)	P59	G 5	G 8	-
11:05 – 11:25 (21)	P17	G 9	G 12	-
11:30 – 12:05 (23)	P36	G 13	G 16	-
12:10 – 12:35	P47	G 19	G 20	-
12:40 – 13:10	P56	G 17	G 18	-
13:15 – 13:50	P38	G 23	G 24	-
13:55 – 14:15	P19	G 21	G 22	-
14:15 – 14:30		ENTREGA DE PREMIOS		

CAMPO 2

HORA	TAREAS	LOCAL	VISITANT	RESULTAT
10:00 – 10: 30 (18)	P58	G 2	G 3	-
10:35 – 11:00 (20)	P60	G 7	G 6	-
11:05 – 11:25 (22)	P18	G 10	G 11	-
11:30 – 12:05 (24)	P37	G 15	G 14	-

DISTRIBUCIÓN AUTOCARES:

DIA 2 IDA

BUS	HORA SALIDA HOTEL	HORA LLEGADA CAMPO	EQUIPOS
BUS 1	8:10	8:30	J2/J6
BUS 2	8:10	8:30	J4/J8
BUS 3	8:50	9:10	J10/J14
BUS 4	8:50	9:10	J11/J16
BUS 1	9:30	9:50	I5/I6
BUS 2	9:30	9:50	I8/I7
BUS 3	10:00	10:20	C1/C6
BUS 4	10:00	10:20	C4/C7
BUS 1	10:35	10:55	C2/C5
BUS 2	10:35	10:55	C3/C8
BUS 3	11:10	11:30	A1/A5
BUS 4	11:10	11:30	A4/A8
BUS 1	11:35	11:55	J13/J15
BUS 3	12:15	12:35	A2/A6
BUS 4	12:15	12:35	A3/A7
BUS 1	12:40	13:00	A10/A14
BUS 2	12:40	13:00	A11/A15
BUS 3	13:05	13:25	J9/J12
BUS 1	13:45	14:05	A9/A12
BUS 2	13:45	14:05	A13/A16

BUS	HORA SALIDA HOTEL	HORA LLEGADA CAMPO	EQUIPOS
BUS 3	14:10	14:30	I1/J1
BUS 4	14:10	14:30	J3/J2
BUS 1	14:50	15:10	I3/J5
BUS 2	14:50	15:10	J7/I4

DIA 2 VUELTA

BUS	HORA SALIDA CAMPO	HORA LLEGADA HOTEL	EQUIPOS
BUS 1	14:05	14:25	2 ALV NO CLAS. GR 1
BUS 2	14:05	14:25	2 ALV NO CLAS. GR 2
BUS 3	15:10	15:30	2 ALV NO CLAS. GR 3
BUS 4	15:10	15:30	2 ALV NO CLAS. GR 4
BUS 1	15:50	16:10	2 JUV NO CLAS. GR 1
BUS 2	15:50	16:10	2 JUV NO CLAS. GR 3
BUS 3	16:30	16:50	2 JUV NO CLAS. GR 2
BUS 4	16:30	16:50	2 JUV NO CLAS. GR 4
BUS 1	17:05	17:25	PERDEDOR (1) i (2)
BUS 2	17:05	17:25	GUANYADOR (1) (2)
BUS 3	17:40	18:00	PERDEDOR (3) i (4)
BUS 4	17:40	18:00	GUANYADOR (3) (4)
BUS 1	18:10	18:30	PERDEDOR (5) i (6)
BUS 2	18:10	18:30	GUANYADOR (5) (6)

BUS	HORA SALIDA CAMPO	HORA LLEGADA HOTEL	EQUIPOS
BUS 3	18:40	19:00	PERDEDOR (7) i (8)
BUS 4	18:40	19:00	GUANYADOR (7) (8)
BUS 1	19:05	19:25	PERDEDOR (9) i (10)
BUS 2	19:05	19:25	GUANYADOR (9) (10)
BUS 3	19:30	19:50	PERDEDOR (11) i (12)
BUS 4	19:30	19:50	GUANYADOR (11) (12)
BUS 1	20:10	20:30	PERDEDOR (13) i (14)
BUS 2	20:10	20:30	GUANYADOR (13) (14)
BUS 3	20:50	21:10	PERDEDOR (15) i (16)
BUS 4	20:50	21:10	GUANYADOR (15) (16)

DIA 2 DISTRIBUCIÓN COMEDOR

Hora	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
12:00h – 12:30h	C1	C2	C3	C4	I5	I6	I7	I8
12:30h – 13:00h	C5	C6	C7	C8	I1	I2	I3	I4
13:00h – 13:30h	J1	J4	J5	J8	J2	J3	J6	J7
13:30h – 14:00h	A1	A2	A3	A4	A9	A10	A11	A12
14:00h – 14:30h	A5	A6	A7	A8	A13	A14	A15	A16
14:30h – 15:00h	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15	J16

DIA 2 VESTUARIS

V1 → Alevines i juveniles

V4 → Cadetes

V2→ Alevines i juveniles

V5 → Infantiles

V3 → Cadetes

V6→ Infantiles



DIA 3 IDA

BUS	HORA SORTIDA HOTEL	HORA ARRIBADA CAMP	EQUIPS
BUS 1	9:10	9:30	G1/G2
BUS 2	9:10	9:30	G3/G4
BUS 3	9:45	10:05	G5/G7
BUS 4	9:45	10:05	G8/G6
BUS 1	10:15	10:35	G9/G10
BUS 2	10:15	10:35	G11/G12
BUS 3	10:40	11:00	G13/G14
BUS 4	10:40	11:00	G15/G16

DIA 3 VUELTA

BUS	HORA SORTIDA CAMP	HORA ARRIBADA HOTEL	EQUIPS
BUS 1	13:30	13:50	PERDEDORS (17) i (18)
BUS 2	13:30	13:50	PERDEDORS (19) i (20)
BUS 3	13:30	13:50	PERDEDORS (21) i (22)
BUS 4	13:30	13:50	PERDEDORS (23) i (24)
BUS 1	14:30	14:50	GUANYADORS (17) i (18)
BUS 2	14:30	14:50	GUANYADORS (19) i (20)
BUS 3	14:30	14:50	GUANYADORS (21) i (22)
BUS 4	14:30	14:50	GUANYADORS (23) i (24)

DIA 2 DISTRIBUCIÓN COMEDOR

Hora	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
12:00h – 12:30h	-	-	-	-	-	-	-	-
12:30h – 13:00h	-	-	-	-	-	-	-	-
13:00h – 13:30h	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24
13:30h – 14:00h	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24
14:00h – 14:30h	-	-	-	-	-	-	-	-
14:30h – 15:00h	-	-	-	-	-	-	-	-

DIA 3 VESTUARIS**V1 →** Alevines i juveniles**V2→** Alevines i juveniles**V3 →** Cadetes**V4 →** Cadetes**V5 →** Infantiles**V6 →** Infantiles